

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 133 – Галузеве машинобудування)

на тему: Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера

**Студент групи** IV к. ЛП-61-1 Панечко Микола Сергійович \_\_\_\_\_  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

**Керівник** \_ професор каф. ХПСМ Гондлях О.В. \_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

**Консультанти з розділів:**

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ** Борщик С.О. \_\_\_\_\_

**ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ** Щербина В.Ю \_\_\_\_\_

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ 2020 рік

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

**Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

**Напрямок підготовки –133 – Галузеве машинобудування**

**Програма професійного спрямування – Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів.**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В. Гондлях

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Панечку Миколі Сергійовичу

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера, керівник - професор каф. ХПСМ Гондлях О.В., затверджена наказом по університету від « 21 » березня 2020р. № \_\_\_\_\_
2. . Термін подання студентом проекту 11.06.2020р.
3. Вихідні дані до проекту:  
Довжина робочої частини черв'яка 1890мм, довжина зони дозування 1120мм, довжина зони завантаження 662мм, довжина зони пластикації 302мм, крок гвинтової лінії черв'яка 63мм, ширина витка 7.6мм, глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження 8.5мм .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)  
Реферат. Перелік скорочень і умовних позначень. І. Пояснювальна записка: Вступ. 1. Призначення та область застосування ЧП 2. Технічна характеристика лінії трубної ЛТ 63/32-20-1102 3. Опис і обґрунтування обраної конструкції 4. Патентно – літературний огляд 5. Охорона праці. 6. Очікуванні механіко-економічні показники II. Розрахунки. III. Технологія машинобудування. Перелік посилань. Додатки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. Технологічна лінія - формат А1. 2 Загальний вид екструдера - формат А1 3. Загальний вид корпусу – формат А1. червяк.– формат А2. 5 Загальний вид корпусу з модернізацією – формат А1

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик О.С.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

7. Дата видачі завдання 21 березня 2020р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	06.02.2020 – 12.02.2020	
2.	Призначення і галузь застосування.	13.02.2020 – 20.02.2020	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	21.02.2020 – 26.02.2020	
4.	Літературно-патентний огляд.	27.02.2020 – 16.03.2020	
5.	Розрахунки.	22.03.2020 – 06.06.2020	
6.	Охорона праці	25.05.2020 – 07.06.2020	
7.	Технологія машинобудування.	21.05.2020 – 07.06.2020	
8.	Висновки.	07.06.2020 – 10.06.2020	
9.	Графічна частина.	23.04.2020 – 03.06.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Панечко М.С.  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гондляр О.В.  
(ініціали, прізвище)

## ПЕРЕЛІК ВКЛАДЕНЬ

Реферат з ключовими словами (укр. мова)

Реферат з ключовими словами (англійська мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до графічної частини /пз/

II Розрахунки /рр/

III Технологія машинобудування /тм/

Висновки

ДОДАТКИ

					ЛП61-1.103116.00-90ДП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панечко М.С.			Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Гондлях О.В.						
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.		Гондлях О.В.						

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

## Умовні позначення:

$D, d$  – діаметр, м;  
 $G$  – витрата,  $\text{м}^3/\text{с}$  (або  $\text{кг}/\text{с}$ );  
 $H, h$  – висота, м;  
 $N$  – потужність, Вт;  
 $Q$  – тепловий потік, Вт;  
 $T$  – температура, К;  
 $b$  – ширина, м;  
 $m$  – маса, кг;  
 $n$  – частота обертання,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $q$  – густина теплового потоку,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  
 $t$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$   
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ ;  
 $\delta$  – товщина, м;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$ ;  
 $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  
 $A$  – площа,  $\text{м}^2$ ;  
 $K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ ;

## Скорочення

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;  
КПІ – Київський політехнічний інститут;  
НТУУ – Національний технічний університет України;  
ПЗ – пояснювальна записка;  
ТЗ – технічне завдання.

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**  
**на тему:**  
**«Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу**  
**екструдера»**

**Київ – 2020 року**

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 82с., 16 рис., 1 табл., 3 додатків, 19 джерел

Ціль роботи і розробка проектування – екструдер ЧП 63х30.

Мета проекту – проектування та розробка , відповідно до технічного завдання , червячного пресу для виготовлення труб , зважаючи на існуючі базові механізми; виконання та розробка модернізації та вдосконалення корпусу екструдера.

Методика розробки та обрахунків - аналітичний , розрахунковий, проектувальний; із застосуванням існуючих методів, обчислювальних машин, спеціальних програм та стандартних нормативних документів.

Під час розробки та проектуванні червячного пресу , опираючись на патентно-літературний огляд патентів, спеціальної конструкторської літератури, патентних досліджень, різноманітних розрахунків, було здійснено наступні кроки:

- досліджено параметри роботи та технології промислових червячних пресів та екструдерів для виробництва труб та плівок, досліджено технологічні параметри та опис цих апаратів.

- виконано деякі розрахунки , що стосуються екструдера згідно з вихідними даними;

- в ході патентно-літературного огляду розроблено модернізації корпусу приведенного екструдера ;

- виконано розробку червячного пресу для лінії з виробництва полімерних труб.

- Розроблено публікацію , що має місце в науковій літературі .

КЛЮЧОВІ СЛОВА: виготовлення труб, черв'ячний прес, корпус екструдера, черв'як, технологічна лінія

## ABSTRACT

Diploma project: 82 pages.,16 fig.,1 tab.,3 applications, 19 sources.

Property development and design - extruder 63x30.

The purpose of work and design development - extruder PE 63x30. The purpose of the project is to design and develop, in accordance with the terms of reference, a worm press for the manufacture of pipes, taking into account the existing basic mechanisms; implementation and development of modernization and improvement of the extruder housing.

Methods of development and calculations - analytical, calculation, design; using existing methods, computers, special programs and standard regulations.

During the development and design of the worm press, based on the patent literature review of patents, special design literature, patent research, various calculations, the following steps were performed:

- The parameters of operation and technology of industrial worm presses and extruders for the production of pipes and films, the technological parameters and the description of these devices are investigated.;

- Performed some calculations related to the extruder according to the original data;

- In the course of patent and literature review the modernization of the case of the reduced extruder was developed;

- The development of a worm press for a line for the production of polymer pipes was performed.

- A publication has been developed that takes place in the scientific literature

**Keywords:** pipe manufacture, worm press, extruder housing, worm, technological line.





## Зміст

Вступ .....	
1 Призначення та область застосування ЧП .....	
2 Технічна характеристика лінії трубної ЛТ 63/32-20-110. ....	
3 Опис і обґрунтування обраної конструкції. .	
4 Патентні дослідження. ....	
5 Охорона праці. ....	
5.1 Електробезпека. ....	
5.2. Повітря робочої зони. ....	
5.3. Виробничий шум .....	
5.4. Пожежна безпека .....	
5.5. Промислове освітлення. ....	
6 Очікуванні механіко-економічні показники. ....	
ВИСНОВКИ .....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	

					<i>ЛП61-1.107246.01-70ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Панченко М.С.				<i>Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Гондляр О.В.						1	
Реценз.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
Н. Контр.								
Затверд.	Гондляр О.В.							

## ВСТУП

Завдання на дипломний проект "Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера"

Виготовлення виробів із полімерів , та в частості поліетилену є одним із провідних та важливих напрямів в промисловості нашого часу . Створення виробів із пластичних мас зазвичай виконується за допомоги екструзійних машин , грануляторів , ліній , що мають в собі черв'ячні та шнекові преси .Тому обрана тема відповідає сучасним вимогам.

Прилади та апарати нашого часу для виготовлення труб та шлангів із полімерів мають досить високий технологічний рівень , трубні вироби використовуються в багатьох сферах життя (землеробство , будівництво, медицина, військова сфера ) а також вони мають ряд переваг у порівнянні з трубами з чавуна та сталі, а саме:

- гарантія стабільної роботи на 50 років;
- стійкість до хімічних реагентів , особливо що стосується органічних
- невелика густина матеріалу , як наслідок – зменшена маса ;
- підвищенна стійкість до механічних пошкоджень ;
- запобігання гідравлічному удару , за рахунок еластичних властивостей;
- краще витримують перепади температур , та не деформуються в такій же мірі як металеві
- підвищенна зносостійкість , (до 10 разів більша ніж у сталі)
- антикорозійні
- пластичні
- гнучкість труб дає змогу якісній експлуатації , особливо при будівельних роботах ;
- незмінна пропускна спроможність у процесі експлуатації;
- ідеально гладка внутрішня поверхня таких труб дає незначний опір руху робочого тіла ;

–простота при веденні монтажних робіт

		– невисока собівартість			Лист
					2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

ЛП61-1.107246.001-70

З цього випливає , що тема повністю відповідає вимогам сучасності .

Метою даного дипломного проекту є розробка модернізації корпусу екструдера, здійснення параметричного, теплового та розрахунків на міцність основних його вузлів і деталей, що підтверджують роботоздатність конструкції, а також виконання графічної частини, яка містить в собі ключові моменти при підготовці до експлуатації: загальний вигляд лінії, до складу якої входить прес ЧП-63, загальний вигляд пресу ЧП-63 та основних його вузлів. Розробка черв'ячного преса ЧП-63 також включає такі розділи як охорона праці та технологія машинобудування .

					ЛП61-1.107246.001-70	Лист
						3
Изм .	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЧП

Основним устаткуванням для переробки поліетилену методом екструзії служать одно- і двочерв'ячні екструдери, що називаються також черв'ячними пресами. В окремих випадках для переробки полімерів і композицій на їхній основі успішно застосовують безчерв'ячні, чи дискові екструдери. Тиск формування створюється в них за рахунок ефекту Вайссенберга. Дискові екструдери використовують у тих випадках, коли важливо забезпечити гарну якість змішування, але не потрібно високого тиску формування. Також створені комбіновані черв'ячно-дискові екструдери, особливо ефективні тоді, коли необхідна висока якість змішання, а розплав матеріалу, що переробляється, володіє відносно низкою в'язкістю і досить високою еластичністю. Найбільше поширення в промисловості одержали одночерв'ячні екструдери. Екструзією на одночерв'ячних машинах можуть бути перероблені практично усі відомі полімери і їхні композиції. Часто екструзійне устаткування входить до складу агрегатів у якості пластикаційних пристроїв. Продуктивність одночерв'ячних екструдерів складає від 3 до 20000 кг/год.

Черв'ячний екструдер призначений для отримання однорідного полімерного розплаву і подачі його під тиском в формуючу голівку.

Основним робочим органом екструдера є циліндр, усередині якого обертається черв'як. Завантаження матеріалу, що переробляється, робиться за допомогою завантажувального пристрою, конструктивне оформлення якого визначається станом і формою часток матеріалу, що переробляється. Формуючий інструмент установлюється на виході з матеріального циліндра, що обігрівается за допомогою нагрівачів. Привід черв'яка, закріпленого в опорному вузлі, здійснюється від електродвигуна через редуктор і муфту. У процесі переробки вихідний матеріал із завантажувального пристрою надходить у черв'як і переміщується в осьовому напрямку в гвинтовому каналі черв'яка, утвореному внутрішньою поверхнею матеріального циліндра і нарізкою черв'яка.

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При русі матеріал ущільнюється, розплавляється, відбувається видалення повітря і гомогенізація розплаву, розвивається тиск, під дією якого підготовлений розплав продавлюється через формуючий інструмент. В одночерв'ячному екструдері в напрямку руху матеріалу можуть бути виділені зони: живлення (завантаження), плавлення (пластикації) і дозування (видавлювання).

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка, а також використовуються пристрої для примусового живлення екструдера.

У зоні плавлення відбувається розплавлювання полімеру, його ущільнення і видалення повітряних включень. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

У зоні дозування відбувається гомогенізація розплаву і розвивається тиск, під дією якого розплав продавлюється через формуючий інструмент.

Черв'яки, діаметр яких може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиску і числом заходів нарізки.

Довжина функціональних зон екструдера може коливатися в значних межах у залежності від властивостей матеріалу, що переробляється, і особливостей технології переробки.

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЇ ТРУБНОЇ ЛТ 63/32-20-110

Таблиця 2.1-Технічна характеристика лінії

Найменування параметру	Значення параметру
Продуктивність, кг/год	До 0,08
Розміри труб, м Зовнішній діаметр на товщину стінки	0,02x0,0022 0,025x0,0027 0,032x0,0035 0,04x0,0043 0,05x0,0054 0,063x0,0068 0,09x0,0097 0,11x0,00118
Довжина труби у відрізках, м	2-6
Розміри намотувальних бухт, м: ширина зовнішній діаметр внутрішній діаметр діаметр намотувальних труб маса бухти, кг	0,55 1,75;1,9;2,2 0,9;1;1,2 0,02-0,063 500
Швидкість відводу труби , яка кінематично забезпечується механізмами , м/с	0,0125-0,333
Встановлена потужність електрообладнання, кВт: електродвигуна електронагрівачів	185 100 35

Енергозабезпечення: електрозабезпечення напруга, В частота, Гц стиснене повітря, по ГОСТ 17433-80 тиск, МПа об'ємні витрати стисненого пов. при $t=293\text{K}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	мережа трифазного струму 380-220 50 7-9 клас точності 0,4-0,6  0,0017
Водозабезпечення: об'ємні витрати води при $t=293\text{K}$ , $\text{м}^3/\text{с}$ тиск, МПа температура, К	0,0022 0,2 – 0,6 288 – 308
Габаритні розміри, м, не більше: довжина ширина висота	30,64 4,7 2,73
Маса, кг, не більше	9900



## 3 ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

### 3.1 Конструкція та принцип дії лінії

Лінія трубна ЛТ 63/32-20-110 призначена для виробництва труб із поліетилену низького і високого тиску, а також поліпропілену, зовнішнім діаметром від 20 – 110 мм з одночасним нанесенням зовнішнього антиадгезійного шару екструзійним методом.

Схема лінії зображена на рисунку 3.1.

Лінія складається з наступних основних складальних одиниць:

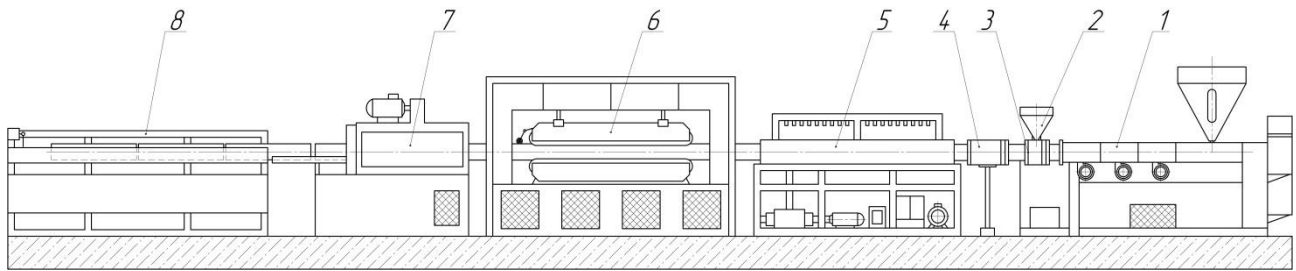
- преса одночерв'ячного ЧП 32х25;
- преса черв'ячного ЧП 63х30;
- установки головки трубної ГТ 20-110;
- ванни охолодження водяної;
- машини тягнучої;
- машини відрізної;
- обладнання приймального;
- комплектних пристроїв керування електроприводами та засобами автоматики.

Гранульований поліетилен чи поліпропілен подається в преси ЧП 63х30 та ЧП 32х25. В прес ЧП 63х30 подається матеріал для труби, а в прес ЧП 32х25 – матеріал для антиадгезійного шару. В циліндрах пресів матеріал розплавляється, гомогенізується та через відповідні канали подається в головку трубну, звідки видавлюється через формувальні отвори у вигляді гладкої трубчатої заготовки.

Із формуючої головки заготовка труби поступає в калібр, де калібрується по зовнішньому діаметру де попередньо охолоджується до утворення на зовнішній поверхні труби твердої кірки. Протягування труби через калібр та вакуумну ванну охолодження проводиться тягнучою машиною, яка потім подає трубу на пристрій відрізний, де труби ріжуться на відрізки номінальною довжиною труби від 2–х до 6–ти метрів.

					<i>ЛП61-1.107246.01-70ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даному проекті базовим є прес для переробки поліетилену ЧП 63х30, тому більш детально конструкцію і процеси, що в ньому відбуваються, будуть розглянуті в наступному розділі.



1 – прес черв'ячний ЧП 63х30; 2 – прес одночерв'ячний ЧП 32х25; 3 – головка трубна ГТ 20-110; 4 – пристрій калібруючий; 5 – ванна охолодження водяна; 6 – машина тягнуча; 7 – машина відрізна; 8 – пристрій приймальний.

Рисунок 3.1–Схема лінії трубної ЛТ 63/32-20-110

Прес черв'ячний ЧП 32х25 призначений для безперервної переробки гранульованих термопластів в однорідний розплав та рівномірного його видавлювання крізь формуючу головку для нанесення кольорової смуги. Корпус цього преса має зону загрузки і три зони нагріву електронагрівачами опору.

Установка головки трубної ГТ 12-110 призначена для формування заготівок труб із полімерів.

Використання візка для монтажу складових одиниць, що входять у склад головки, дозволяє швидко і зручно здійснювати монтаж і демонтаж головки.

Ванна охолодження вакуумна призначена для охолодження труб із термопластів при вакуумному калібруванні. Ванна встановлюється в лінію після преса черв'ячного.

Тягнуча машина призначена для протягування виготовлених труб через калібрувальний інструмент, ванну охолодження вакуумну і подачу їх на машину для різки трубних виробів. Встановлюється в лінію після ванни

	охолодження.				ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Машина відрізна призначена для різки труб із полімерних матеріалів на розмірні довжини і встановлюється в лінії після машини тягнучої. Машина – маятникового типу. Як ріжучий інструмент використовується дискова пилка.

Відрізна машина працює з періодичним включенням ріжучого інструмента для різки труб на великі довжини і на відрізки малої довжини.

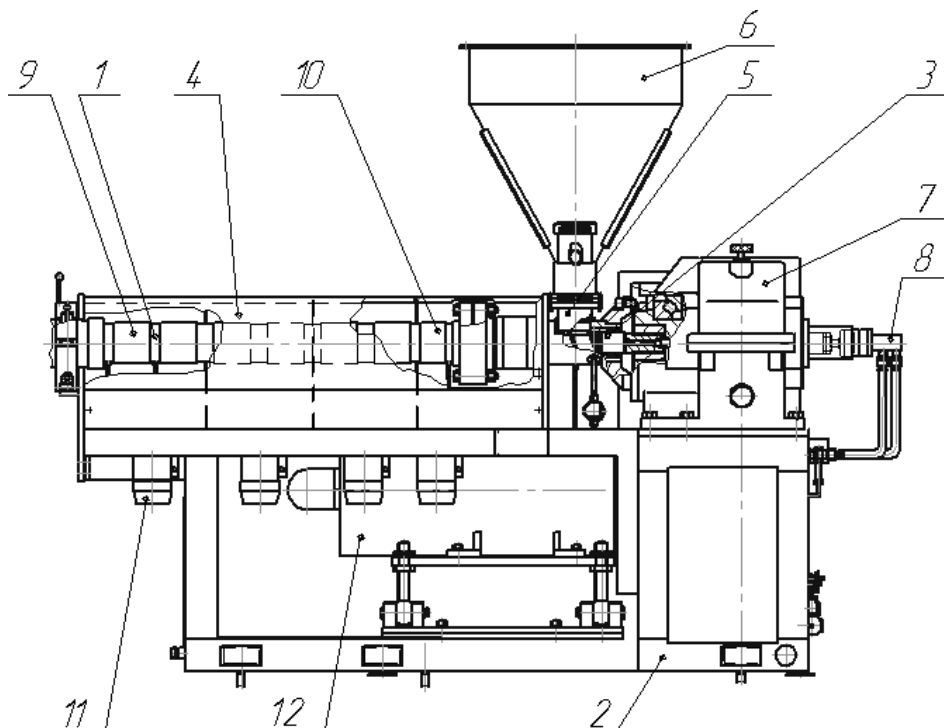
Приймальне обладнання призначене для прийому труб та пакетування їх в накопичувачі.

### **3.1.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей**

Червячний прес 63х30 слугує для переробки гранул термопластів в розплав з подальшим його екструдюванням через трубну головку екструдера

Базовими частинами екструдера є: привід преса, станина, воронка завантажувальна, корпус, черв'як, система охолодження і система нагрівання.

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



1 – циліндр екструдера, 2 – рама, 3 – черв'як, 4 – кожух, 5 – лійка завантажувальна, 6 – завантажувальний бункер, 7 – редуктор, 8 – пристрій охолодження черв'яка, 9, 10 – індукційні нагрівники, 11 – вентилятор, 12 – електродвигун.

Рисунок 3.1.1 — Екструдер червячний ЧП-63

Основним робочим органом в апараті є корпус екструдера з розміщеному в ньому червяку, що має спіральну нарізку. Червяк та корпус діляться на зони.

Зона завантаження, з пристосованим до корпусу завантажувальним пристроєм слугує для подачі матеріалу безпосередньо до внутрішньої частини корпусу, де гранули, в ході обертання червяка транспортуються по гвинтовому каналу до зони плавлення.

Зона плавлення описується рівномірним та постійним пересуванням маси матеріалу з одночасним його нагріванням та перемішуванням за рахунок адгезійного опору.

Зона дозування має найменшу величину каналу задля створення додаткового опору, оскільки за його рахунок розплавлений матеріал

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЛП61-1.107246.00-90

Лист

11

повинен екструдуватись через головку.

Довжина цих зон може змінюватись у відповідності до матеріалу чи бажаної якості вихідного виробу.

Для підтримання теплового балансу в корпусі вмонтовані системи підігріву та охолодження.

### 3.2 Вибір матеріалів

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40ХН2МА (ГОСТ 9940-88) з межею міцності при розтягуванні 200 МПа, а межею плинності 470 МПа.

Болти виготовляються із Сталі 40Х(ГОСТ 1050-88), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

## 4 ПАТЕНТНО – ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 4.1 Вибір та обґрунтування модернізації корпусу

В [13] наведений типовий вдосконалений екструдер.

У екструдері передбачено зону дегазації рис 3.4 розплаву, та систему контролю температури.

Очікуваний ефект: технічний результат являється в розширених функціональних можливостях і підвищення надійності, зменшення витрати активних матеріалів і втрат.

Переваги: виведення газів з розплаву, підвищений контроль температури по зонам процесу екструзії

Недоліки:		складність конструкції, дороговизна конструкції, велике			Арк.
		ЛП61-1.107246.01-70ПЗ			12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

використання електроенергії, складність монтажу, складність обслуговування.

Засоби досягнення ефекта: розширення можливостей і підвищення надійності досягається за рахунок виконання автономного регулювання температури, виконання отворів у корпусі зони дегазації, та відвід газів.

Порівняння: обраний апарат складніший в конструкції, складний у виготовленні, конструкція менш надійна.

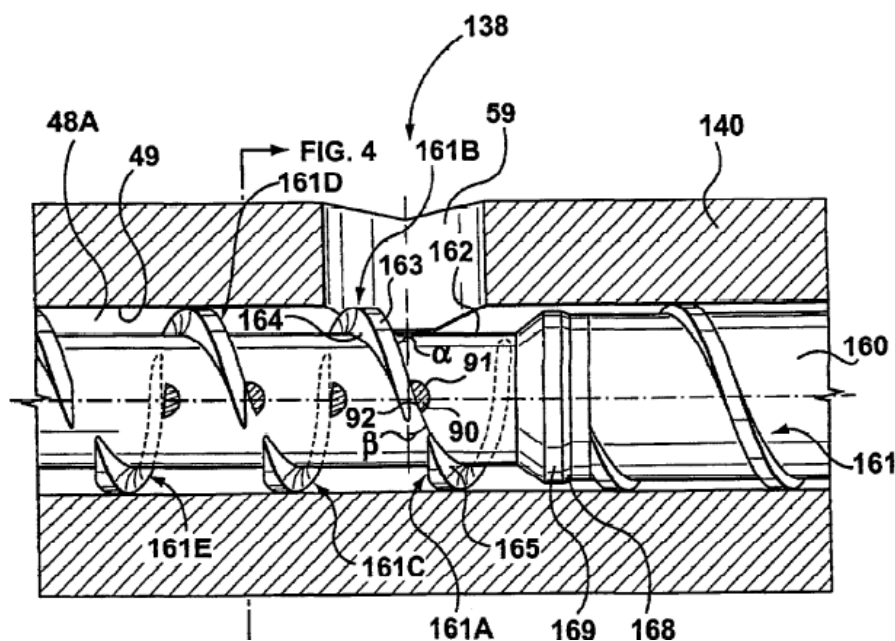


Рисунок 3.4- Екструдер вдосконалений

В [14] наведена екструзійна головка з центрувальним пристроєм .

Екструзійна головка рис 3.5 для виробництва метало-полімерних (двошарових) труб.

Очікуваний ефект: технічний результат являється в можливостях виконання поліетиленового покриття на металевих трубах для підвищення корозійної стійкості, та покращення характеристик виробу.

Переваги: можливість регулювання товщини адгезійного покриття під час роботи преса, та непереривність процесу виготовлення труб.

Недоліки: складність конструкції, складність монтажу, виконання труб фіксованого діаметру.

Засоби досягнення ефекта: модернізація головки, шляхом можливості фіксованого руху дорна, та подальша фіксація.

Порівняння: обраний апарат складніший у виготовленні, конструкція менш надійна, підведення металевої основи труби.

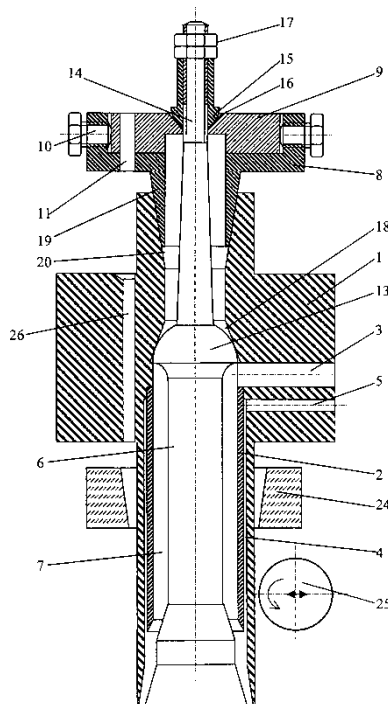


Рисунок 3.5- головка трубна

В [15] наведений екструдер для переробки та виготовлення каучуку та термопластичних мас (рис 3.6.).

Очікуваний ефект: технічний результат являється в покращенні переробки каучуку, покращенням змішування.

Переваги: покращення змішування, та транспортування сировини по зонам екструдера.

Недоліки: мала продуктивність, складність при підвищених вимогах до виготовленні, складна конструкція гільзи, робота корпусу з черв'яком в одній парі, неможливість зміни черв'яка.

Засоби досягнення ефекта: модернізація робочого каналу, шляхом утворення пазів та виступів на гільзі екструдера.

Порівняння: обраний апарат складніший у виготовленні, покращення змішування, та зменшення продуктивності.

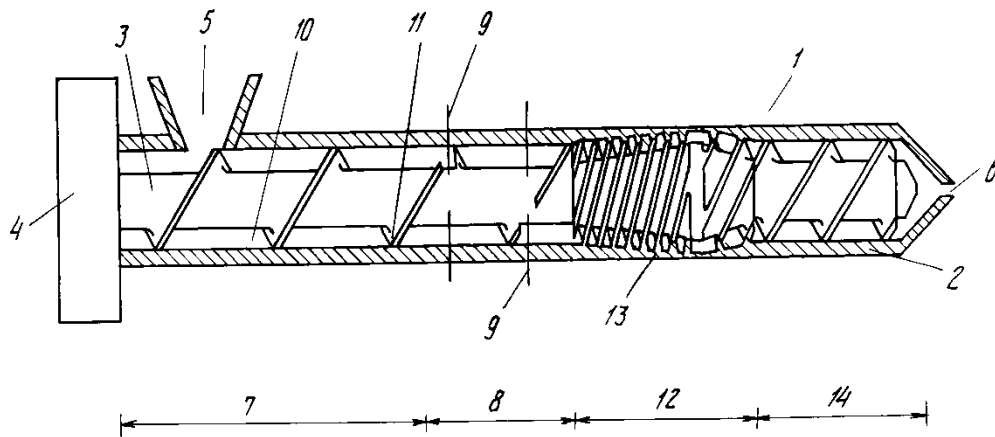


Рисунок 3.6- Екструдер для переробки та виготовлення каучуку та термопластичних мас

В [16] наведений екструдер для безперервної екструзії фільтруючих елементів із вуглеволокна

Очікуваний ефект: технічний результат являється в безперервності виготовлення композитних фільтруючих елементів.

Переваги: покращення змішування, безперервність процесу, можливість виготовлення елементів будь якої довжини, зменшення гідравлічного опору головки.

Недоліки: мала продуктивність, підвищені вимоги до матеріалів конструкції, невеликий термін роботи установки.

Засоби досягнення ефекта: безпосередня установка екструзійної головки на екструдер, модернізація профілю черв'яка.

Порівняння: Обраний апарат простіший у виготовленні, але програє в продуктивності, та довговічності роботи.

В [18]

Очікуваний ефект: технічний результат являється в підвищеній технологічності машини , покращеному балансі внутрішніх напруг.

Переваги: покращення змішування, безперервність процесу, можливість виготовлення елементів будь якої довжини, зменшення гідравлічного опору .

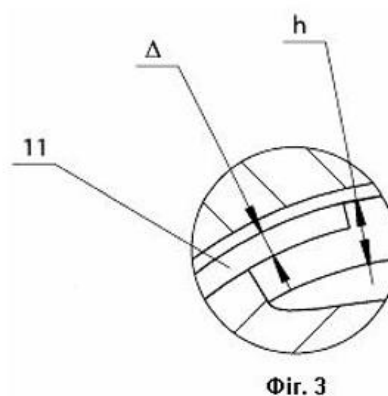
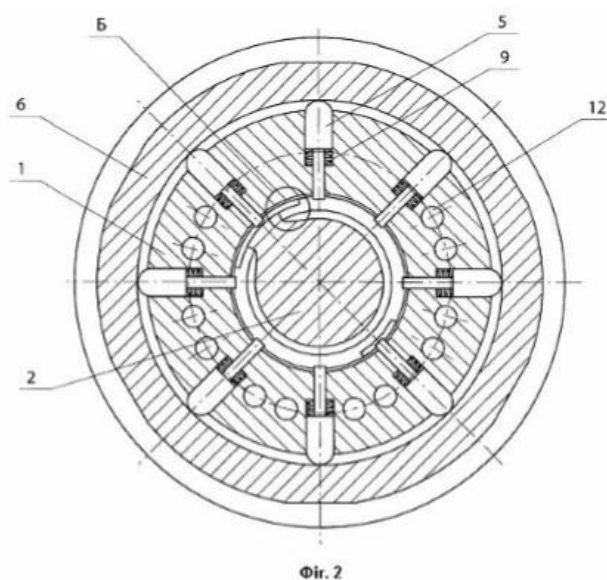
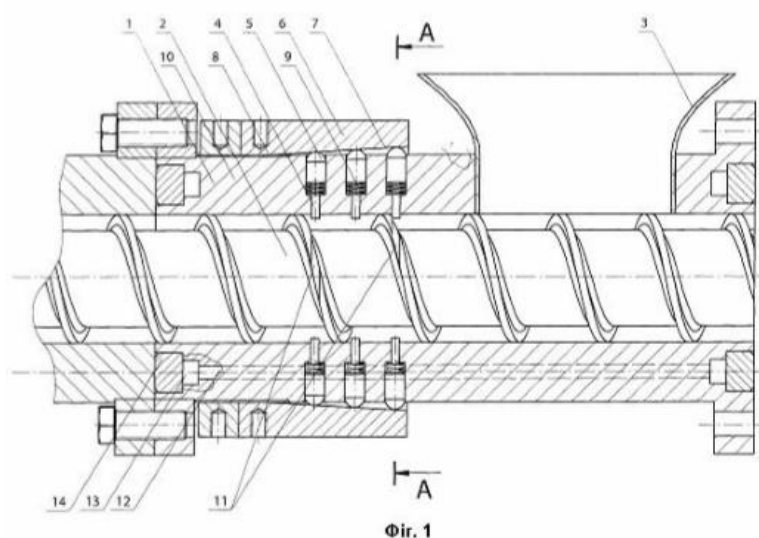
		Недоліки:	складн	сть,	підвищені вимоги до матеріалів конструкції	Арк.
					ЛП61-1.107246.01-70ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



невеликий термін роботи установки.

Засоби досягнення ефекта: безпосередня радіальних отворів, куди вставлені ступінчасті штифти з можливістю радіального переміщення, а на зовнішній поверхні змонтована втулка з конусною внутрішньою поверхнею, на гребенях черв'яка виконані пази в коловому напрямку під радіальними отворами.

Порівняння: Обраний апарат складний у виготовленні та експлуатації, але виграє у технологічності всієї машини.



В [19] описано винахід, що відноситься до полімерного машинобудування і може знайти застосування в черв'ячних пресах для

					ЛП61-1.107246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

переробки термопластичних матеріалів.

Очікуваний ефект: технічний результат являється в покращеному тепловому балансі машини та підвищеному рівні гомогенізації розплаву.

Переваги: покращення змішування, безперервність процесу, зменшення габаритів екструдера

Недоліки: складність експлуатації та ремонту, підвищені вимоги до матеріалів конструкції, більші енерговитрати.

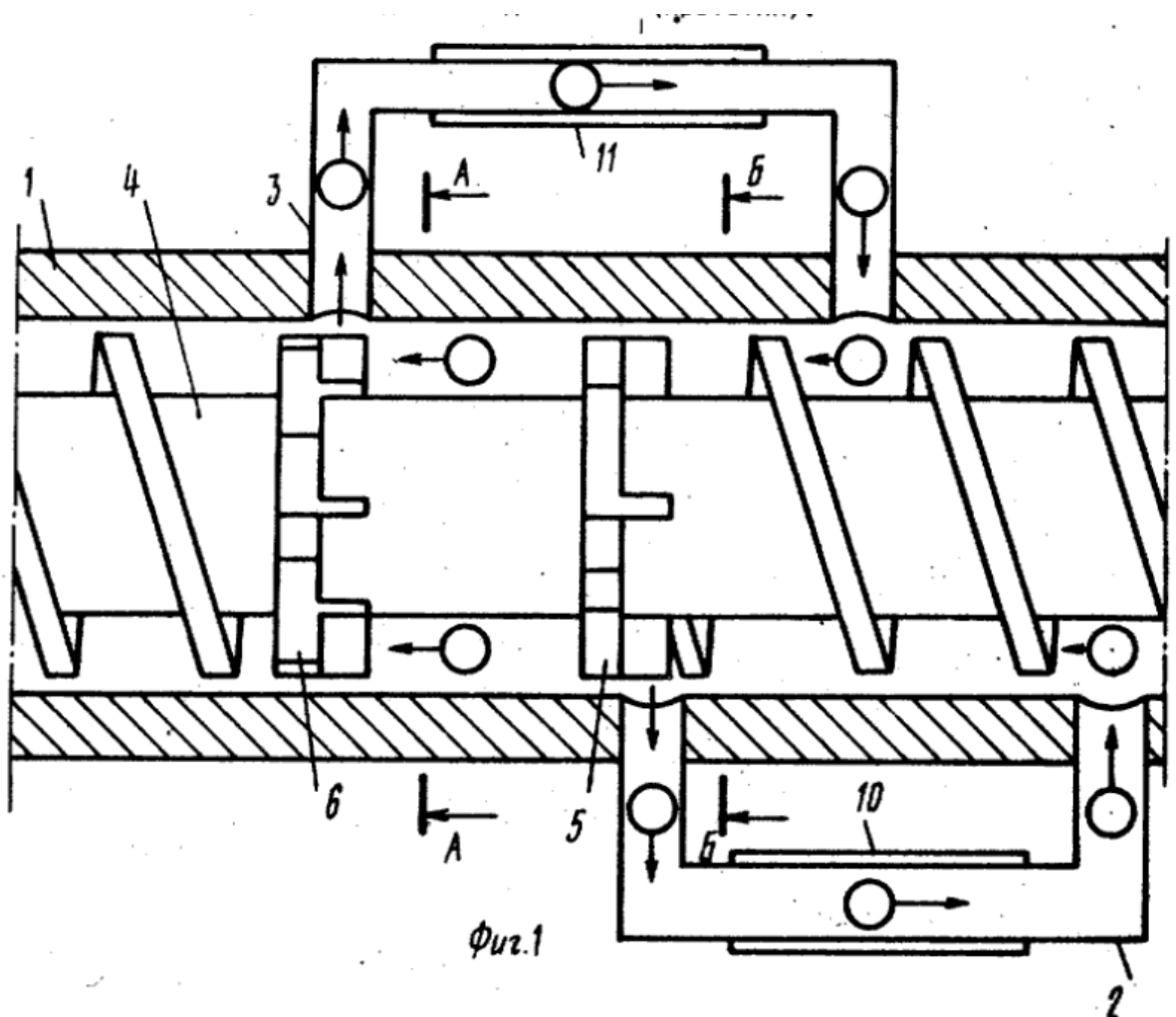
Засоби досягнення ефекта: безпосередня установка обвідних каналів на корпус екструдера

Порівняння: Обраний апарат складніший у виготовленні, але виграє в якості вихідного матеріалу та габаритах.

На рис.1 зображено черв'ячний прес, подовжній перетин.

На рис.2 розріз А-А на рис.1

На рис.3 - розріз Б-Б на рис 1.

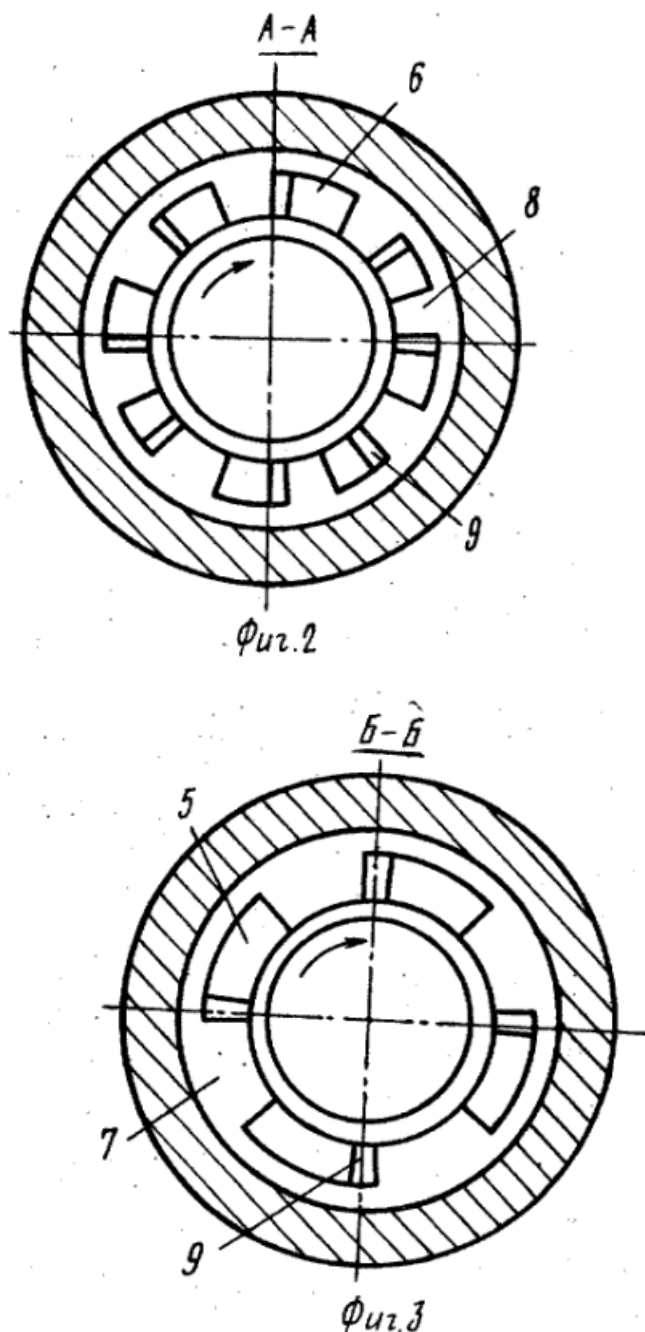


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП61-1.107246.01-70ПЗ

Арк.

17



#### 4.2 Обґрунтування обраних модернізацій

В результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Майже усі корисні моделі стосуються вдосконалення корпусів екструдерів та червячних пресів. Усі розробки виконані з метою покращення продуктивності червячних екструдерів, збільшення якості вихідного матеріалу чи підвищення технологічності машини.

					ЛП61-1.107246.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В ході патентного огляду обрано два описи винаходів для розгляду їх в модернізації [18][19].

В [18] Винахід відноситься до полімерного машинобудування і може знайти застосування в черв'ячних пресах для переробки термопластичних матеріалів.

Черв'ячний екструдер для переробки полімерів, що містить завантажувальний бункер, обертовий черв'як, що встановлений у нерухомий корпус, який відрізняється тим, що в корпусі в зоні живлення виконані радіальні отвори, куди вставлені ступінчасті штифти з можливістю радіального переміщення, а на зовнішній поверхні змонтована втулка з конусною внутрішньою поверхнею, на гребенях черв'яка виконані пази в коловому напрямку під радіальними отворами.

До недоліків відомого екструдера слід віднести труднощі по узгодженню функціонування привода додаткового шнека й привода головного черв'яка.

Відомий екструдер для переробки полімерних матеріалів, який на початку зони живлення для стабілізації режиму екструзії та підвищення продуктивності містить вакуумну секцію з перфорованою сіткою

До недоліків відомого екструдера слід віднести підвищені енерговитрати на створення вакууму, ураховуючи близько розташований завантажувальний бункер, а також малу ефективність функціонування при роботі з порошковими й гранульованими полімерними матеріалами.

Найбільш близьким за технічною сутністю й досяжному результату до запропонованого винаходу є екструдер для переробки полімерів, який містить завантажувальний бункер; обертовий черв'як, що встановлений у нерухомий корпус, на внутрішній поверхні якого в зоні живлення виконані поздовжні або гвинтовий пази. Пази, які виконані на внутрішній поверхні корпусу дозволяють значно збільшити опір руху матеріалу по поверхні корпусу, підвищуючи продуктивність і тиск у зоні живлення.

До недоліків прототипу варто віднести низьку продуктивність при роботі з полімерним матеріалом у вигляді порошку, а також при невідповідності



більше розмірів прохідного перетину вікон 7 фільтра-змішувача 5, то шматки не прозодят через ці вікна. За допомогою лопаток 9 шматки пластмаси спрямовуються до відповідного обвідного каналу 2, просуваючись по якому матеріал інтенсивно плавиться при посередництві тепла, що підводиться від нагрівачів 10. Розбиття основного потоку на окремі струмки призводить до того, що відстань від центру цівки до її поверхні нагрівання стає значно менше ніж відстань від центру основного потоку, що переміщається в каналі черв'яка. Крім того, має місце збільшення відношення периметра поверхні, що обігрівается до площі перетину потоку, тобто має місце значна інтенсифікація процесу теплообміну в обвідних каналах.

Таким чином, шматки пластмаси переміщаються по замкнутому контуру, утвореного дисковим фільтром-змішувачем 5, черв'яком 4, і обвідним каналом 2, до тих пір, поки їх розмір не стане менше поперечного перерізу вікон 7 дискового фільтра-змішувача 5.

Далі шматки затримуються дисковим фільтром змішувачем 6 і за допомогою лопаток 9 направляються в обвідні канали 3 і переміщаються по замкнутому контуру до тих пір, поки не розплавляються і не проходять через вікна 8 дискового фільтра-змішувача 6.

Для інтенсифікації теплообміну поперечні прохідні перетини обвідних каналів виконані зменшуються в напрямку до екструзійної голівки .

Так як по контурах рухається розплав і шматки полімерного матеріалу, то лопатки 9 (рис.2 і 3) грають двояку роль: вони з одного боку направляють шматки матеріалу до відповідних обвідні канали, а з іншого - сприяють поліпшенню перемішування розплаву і отримання матеріалу вищої якості.

Таким чином, поєднання дискових фільтрів-змішувачів і відповідних обвідних каналів дає нову якість, що дозволяє більш раціонально конструювати черв'ячні преси .

Послідовною установкою ряду таких динамічних дискових змішувачів в комплексі з відповідними обвідними каналами можна значно скоротити

					ЛП61-1.107246.01-70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

черв'ячного преса, і як наслідок зменшити його вагу, інтенсифікувати теплообмін і процес змішування розплаву.

Крім того, знижуються витрати енергії на процес плавлення матеріалу в черв'ячному пресі і поліпшується загальний енергетичний режим роботи черв'ячного преса.

Цей пристрій, забезпечує кращу гомогенізацію матеріалу та зменшує розміри усього черв'ячного прессу.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити корпус екструдера, підвищити ефективність гомогенізації та зменшити матеріалоемність та габарити всього механізму.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці вивчає можливі причини нещасних випадків на виробництві, професійні захворювання, вибухи, пожежі, створення безпечних для людини умов праці, а також розробляє систему заходів для усунення цих причин. Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці Закон України "Про охорону праці", прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року. Цей Закон визначає основні положення щодо конституційного права громадян про охорону життя здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини з питань безпеки праці та виробничого середовища, встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві.

Відповідно до теми дипломного проекту “Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу екструдера” для безпечної роботи обслуговуючого персоналу лінії для підприємств кабельної промисловості забезпечено умови, що відповідають державним та галузевим стандартам, а також санітарним нормам та правилам.

Для зниження травматизму на виробництві був проведений науковий аналіз умов праці, в результаті якого були визначені небезпечні виробничі

					<i>ЛП61-1.107246.01-70ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фактори, які виникають при експлуатації одночерв'ячного екструдера лінії для нанесення ізоляції з пластмас на кабелі та проводи. Шкідливими та небезпечними виробничими факторами є небезпека ураження електричним струмом, пожежна небезпека, виробничий шум, виробниче освітлення, повітря робочої зони.

Оператор знаходиться в цеху з площею приміщення  $S=100 \text{ м}^2$  і об'ємом приміщення  $V=1200 \text{ м}^3$ . Шкідливими та небезпечними виробничими факторами для оператора є небезпека ураження електричним струмом, пожежна безпека, виробничий шум, виробниче освітлення, повітря робочої зони.

### 5.1.Електробезпека

Електробезпека забезпечує захист людей від шкідливого впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітних полів статичної електрики.

За класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення цеху, де встановлена данна лінія відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою.

За характером навколишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря у приміщенні близько 75%).

Оскільки для роботи лінії використовується напруга 220/380 В частотою 50 Гц, то використовуємо трьохфазну трьохпроводову мережу з ізолюваною нейтраллю. Мережа з ізолюваною нейтраллю в ізолюваному режимі набагато безпечнішою при торканні до фазового дроту.

Засоби забезпечення електробезпеки:

а) в робочому режимі

- забезпечено недосяжності струмоведучих частин (ізоляція, розташування на недосяжній висоті, більш 2,5 м., огорожа);

- подвійна ізоляція;

- наявність позначень на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення);

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



б) в аварійному режимі:

- захисне заземлення.

Забезпечення електробезпеки при проектуванні апаратів для данної лінії є дуже важливим чинником, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу в виробничих умовах.

Ці заходи проведені згідно ГОСТ 12.1.030 – 86.

## 5.2 Повітря робочої зони

Умови роботи на розроблюваному екструдері та лінії в цілому за ГОСТ 12.1.005-88/98 відносяться до категорії середньої тяжкості (енерговитрати 150...200 ккал/год).

Склад повітря робочої зони залежить від параметрів метеорологічних умов: температури, відносної вологості, а також кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною при плавленні поліетилену, при цьому виділяється окис вуглецю, некрайові углеводороди, органічні кислоти, альдегіди і інші токсичні речовини.

Для безпосереднього відводу шкідливого повітря чи газів, від місця їх виникнення чи виділення, під головкою черв'ячного екструдера встановлюється вентиляційний ковпак закритого типу з фільтром продуктивністю 360 м<sup>3</sup>/год. Видалення шкідливостей супроводжується подальшим очищенням повітря, що відповідає вимогам СНиП 2.04.05 – 86.

## 5.3 Виробничий шум

Шум, який створюється при роботі екструдера та іншого устаткування лінії, постійний. Основними джерелами шуму при роботі є вали та черв'яки, що обертаються, електродвигуни, вентилятори та інше устаткування, в яких шум досягає 90 дБА. За своєю природою шум у даному випадку механічний гідроаеродинамічний.

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для цього використовують облицювання з перфорованим покриттям та плити. Щоб досягнути максимального ефекту використання шумопоглинаючого покриття, вкриваємо ним не менше 60% внутрішньої площі. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шума вихлопа.

Звукоізолююча здатність дверного проїому приміщення повинна бути не нижче 30 дБА.

Стіни і перекриття цього приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність не нижче 50 дБА.

Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах. Мікрофон при вимірюванні рівня звуку встановлено на висоті 1,5-1,8 м від полу. Ці заходи дозволили знизити рівень шуму до 75 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

## 5.4 Пожежна безпека

При роботі черв'ячного преса використовуються горючі змащувальні матеріали, також для плавлення поліетилену здійснюється при досить високій температурі  $T = 170^{\circ}\text{C}$ . Тому можливими причинами пожежі можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- несправність електрообладнання й електромережі;
- куріння в невстановлених місцях.

Згідно з ОНТП 24 - 86 приміщення для розроблюваного преса ЧП-63 лінії типу ЛЕК-63 для нанесення ізоляції на дроти та кабелі відноситься до категорії В – пожежонебезпечні, так як містить горючі речовини, клас зони П – Па (ПУЕ). Згідно з СНиП 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеню вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних не обмежується. Ширина евакуиходів - 0,9 м, що відповідає СНиП 2.04.02-85

У приміщенні встановлені пожежні гідранти, теплові сповіщувачі, які

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

спрацьовують при підвищенні температури до вище заданої межі  $T = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Засобом захисту статичної електрики є заземлення.

Первинним засобом гасіння пожежі є вуглекисневі вогнегасники ОУ-3у кількості 4 шт;

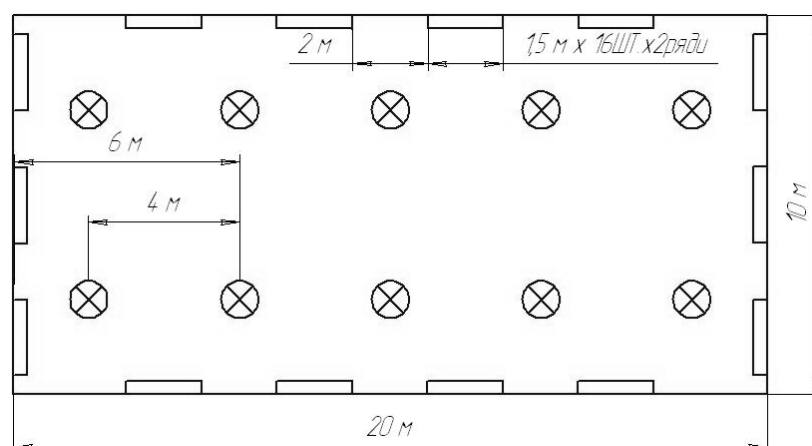
- ящики з піском - 6 шт;
- пожежні гідранти - 12 шт




Протипожежна безпека черв'ячного преса відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

### 5.5 Освітлення на робочих місцях

Для цеху висотою до 6 м, в якому знаходиться лінія, передбачено природне і штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходять лампи денного освітлення типу ЛД (ЛД 80Ж; потужність: 80 Вт; кількість: 110 шт; довжина: 1514,2 мм; діаметр: 40 мм;  $E_{\text{факт}} = 300\text{лк}$ ). Вони мають більшу світову віддачу лампи накаливання (до 75 лм/вт), та більший термін використання (8-12 тис. год.). Для світильників штучного освітлення підходять світильники типу ДРЛ 400 (діаметр: 395 мм; висота: 552 мм; потужність: 250 Вт; кількість 10 штук;  $E_{\text{факт}} = 300\text{лк}$ ), що відповідає вимогам ДБНВ 25.28-2006.

. Вони мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності (рисунк 3.1)



 - лампа типу ДРЛ(10шт);  - лампа типу ЛД 80 (світильник двохламповий);  - лампа типу ЛД 80

### Рисунок 3.1 Схема освітлення цеху

Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного. Для приміщення також передбачене бокове освітлення (крізь отвори в зовнішніх стінах).

Даний вид роботи (загальне постійне спостереження) природної освітленості

$KEO_H = 1,2\%$ . чотири вікна розміром 2,5х4 м.  $KEO_{фактичне} = 1,5$  згідно СНиП-4-79.

					ЛП61-1.107246.00-70	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 ОЧІКУВАННІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Винахід відноситься до полімерного машинобудування і може знайти застосування в черв'ячних пресах для переробки термопластичних матеріалів.

Відомий черв'ячний прес, що містить циліндр, розташований в циліндрі черв'як, екструзійну головку. Недоліком черв'ячного преса є велика довжина черв'яка і складність його виготовлення. Найбільш близьким за технічною сутністю є черв'ячний прес, що містить циліндр з обвідними каналами, розташований в циліндрі черв'як з підірними засобами та екструзійну головку.

Недоліком черв'ячного преса є неможливість його застосування для інтенсифікації процесів плавлення і перемішування, тобто підвищення якості перероблюємих пластмас.

Мета винаходу - підвищення якості перероблюємих пластичних мас.

Для досягнення поставленої мети в черв'ячному пресі, що містить циліндр з обвідними каналами, розташований в циліндрі черв'як з підірними засобами, екструзійну головку, підірні засоби виконані у вигляді ряду жорстко закріплених на черв'яку дискових фільтрів-змішувачів з торцевими лопатками і вікнами між ними, причому перед кожним диском розташований вхід одного з обвідних каналів і вікон дискових фільтрів-змішувачів, що зменшуються в напрямку до екструзійної голівки. Крім того, кожен обвідний канал забезпечений індивідуальним нагрівачем.

Таким чином, поєднання дискових фільтрів-змішувачів і відповідних обвідних каналів дає нову якість, що дозволяє більш раціонально конструювати черв'ячні преси.

Послідовною установкою ряду таких динамічних дискових змішувачів в комплексі з відповідними обвідними каналами можна значно скоротити черв'ячного преса, і як наслідок зменшити його вагу, інтенсифікувати теплообмін і процес змішування розплаву.

Крім того, знижуються витрати енергії на процес плавлення матеріалу в

					<i>ЛП61-1.107246.00-70</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

черв'ячному пресі і поліпшується загальний енергетичний режим роботи черв'ячного преса.

Обране рішення дозволить зменшити габарити всієї установки , в тому числі і технологічної лінії , збільшить якість вихідного матеріалу , дозволить стабілізувати тепловий баланс роботи машини , зменшить матеріалоємність на виготовлення екструдера , що знизить економічні витрати на ремонт , виготовлення та експлуатацію машини .

					<i>ЛП61-1.107246.00-70</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В ході роботи над дипломним проектом здійснено проектування екструдера трубної лінії з модернізацією корпусу

В дипломному проекті розглянуто призначення та область застосування червячного преса . Приведено характеристику технологічної лінії . Розглянуто опис та обґрунтування обраної конструкції . Здійснено літературно-патентний огляд з розробкою модернізацій , що покращать базовий механізм та стосуються корпусу червячного преса.

Приведено розділ охорони праці , де розглянуто відповідність даної лінії нормам безпеки .

Розроблено креслення що належать відповідним вузлам та механізмам.Проведено оцінку очікуваних механіко-економічних показників.

Модернізаціями даного механізму є обвідні канали в корпусі екструдера , та створення радіальних отворів із рухомими в них штифтами.

					<i>ЛП61-1.107246.00-70</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розрахунки**  
**до дипломного проекту**  
**на тему:**  
**«Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу**  
**екструдера»**

**Київ – 2020 року**



## Зміст

- 1 Параметричний розрахунок черв'ячного екструдера. ....
- 1.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка .....
- 1.2 Розрахунок продуктивності черв'ячного екструдера при переробці поліетилену .....
- 2 Розрахунок потужності приводу черв'ячного екструдера .....
- 3 Розрахунок головки
- 4 Розрахунок тиску, який розвиває черв'як
- 5 Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність. ....
- 6 Тепловий розрахунок. ....

					<i>ЛП61-1.107246.00-70PP</i>								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.	Панечко М.С.				<i>Екструдер трубної лінії з модернізацією корпусу</i>			Літ.	Арк.		Акрушів		
Перевір.	Чемерис А.О.									1			
Реценз.								<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>					
Н. Контр.													
Затверд.	Гондлях О.В.												

# 1 Параметричний розрахунок черв'ячного екструдера

## Розрахунок геометричних параметрів черв'яка

Мета роботи: розрахувати геометричні параметри черв'яка

Вихідні дані: діаметр черв'яка  $D=63\text{мм}$ , загальна довжина черв'яка  $30D$ , матеріал що перероблюється – поліетилен високої густини.

Розрахунок геометрії черв'яка проводимо за методикою [11].

Довжина робочої частини черв'яка :

$$l_{\text{роб}} = 30 \cdot D = 30 \cdot 63 = 1890 \text{ мм};$$

Довжина зони дозування:

$$l_{\text{зз}} = (0,4 \dots 0,7) l_p = 0,6 \cdot 1890 = 1120 \text{ мм};$$

Довжина зони завантаження:

$$l_{\text{зо}} = (0,25 \dots 0,35) l_p = 0,35 \cdot 1890 = 662 \text{ мм};$$

Довжина зони пластикації :

$$l_n = 0,16 \cdot l_p = 0,16 \cdot 1890 = 302 \text{ мм};$$

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = (0,8 \div 1,2) \times D = 1,0 \times 63 = 63 \text{ мм}$$

Ширина витка :

$$e = (0,08 \dots 0,12) D = 0,12 \cdot 63 = 7,6 \text{ мм}$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження :

$$h_1 = h_n = (0,1 \dots 0,16) D = 0,13 \cdot 63 = 8,5 \text{ мм};$$

## Розрахунок продуктивності черв'ячного екструдера при переробці поліетилену

Мета: визначення максимальної теоретичної продуктивності преса при переробці поліетилену.

Вихідні дані:

Максимальне число обертів черв'яка	$N = 2,67 \frac{об}{с}$
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 0,063 м$
Крок черв'яка	$T = 0,06 м$
Ширина витка	$E = 0,007 м$
Число заходів черв'яка	$I = 1$
Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження	$D_1 = 0,046 м$
Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження	$H_1 = 0,0085 м$
Глибина гвинтового каналу в зоні дозування	$H_2 = 0,003 м$
Середня глибина канавки витка черв'яка.	$H = 0,00575 м$
Довжина зони дозування черв'яка	$L_H = 1,12 м$

Матеріал – поліетилен

Ефективна продуктивність жки 3 машини при максимальному числу обертів черв'яка і для сумішей, які добре екструдують.

Розрахунок проведено згідно [11].

$$Q = 60 \cdot V_{cp} \cdot N \cdot I \cdot \rho \cdot \beta,$$

де  $\rho = 0,94 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$  - густина суміші (поліетилену),

$\beta = 0,2$  – коефіцієнт заповнення між витками [2],

$V_{cp}$  - середній об'єм простору між двома нитками однозаходового черв'яка і визначається за формулою:

					ЛП61-1.103116.02-90РР	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2},$$

де  $V_H$  об'єм гвинтового каналу черв'яка, який відноситься до одного кроку біля завантажувальної воронки:

$$V_H = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_1^2)}{4} \cdot (T - E) = \frac{3,14 \cdot (0,063^2 - 0,046^2)}{4} \cdot (0,063 - 0,007) = 81,46 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$V_K$  - об'єм гвинтового каналу черв'яка, який відноситься до одного кроку біля головки:

$$V_K = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_2^2)}{4} \cdot (T - E) = \frac{3,14 \cdot (0,063^2 - 0,057^2)}{4} \cdot (0,063 - 0,007) = 31,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2} = \frac{81,46 + 31,65}{2} \cdot 10^{-6} = 56,455 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Степінь стиснення:

$$K = \frac{V_H}{V_K} = \frac{81,46 \cdot 10^{-6}}{31,65 \cdot 10^{-6}} = 2,57$$

Розрахункова продуктивність машини:

$$Q = 60 \cdot V_{cp} \cdot N \cdot I \cdot \rho \cdot \beta = 60 \cdot 56,455 \cdot 10^{-6} \cdot 160 \cdot 0,94 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 1 = 101 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Продуктивність машини по технічному завданню:

$$Q = 90 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Повна продуктивність черв'яка зі змінною глибиною сердечника:

$$Q = \alpha_2 \cdot N - \frac{\beta_2 + \gamma_2}{\mu_{ef}} + P,$$

де  $\alpha_2$  - коефіцієнт потоку нагнітання:

$$\alpha_2 = \frac{\pi^3 \cdot (T - T \cdot E) \cdot \sigma}{A + T^2 \cdot B},$$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot [H_H - H_2]} \cdot \lg \frac{H_H}{H_2} + \frac{D^2}{2 \cdot H_H \cdot H_2} = 1 - \frac{6,9 \cdot 0,063}{2 \cdot [0,00575 - 0,003]} \cdot \lg \frac{0,00575}{0,003} + \frac{0,063^2}{2 \cdot 0,00575 \cdot 0,003} = 93,75$$

$$H_H = H_1 - [H_1 - H_2] \cdot 0,5 = 0,0085 - [0,0085 - 0,0003] \cdot 0,5 = 0,00575_m,$$

де  $A, B$  – коефіцієнти, які характеризують конструкцію черв'яка зі змінним сердечником і визначаються за формулами:

$$A = \frac{\pi^2}{H_H \cdot H_2} \cdot \left[ \frac{D \cdot (H_H + H_2)}{2 \cdot H_2 \cdot H_H} - 1 \right] = \frac{3,14^2}{0,00575 \cdot 0,000,3} \cdot \left( \frac{0,063 \cdot (0,00575 + 0,003)}{2 \cdot 0,00575 \cdot 0,003} - 1 \right) = 486,5$$

$$B = \frac{2,3}{(H_H - H_2) \cdot D^3} \cdot \lg \left( \frac{H_H \cdot (D + D_2)}{H_2 \cdot (D + D_1)} \right) + \frac{2 \cdot H_2 \cdot H_H + (H_H + H_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot H_H^2} =$$

$$\frac{2,3}{(0,0085 - 0,003) \cdot 0,063^3} \cdot \lg \left( \frac{0,0085 \cdot (0,063 + 0,057)}{0,003 \cdot (0,063 + 0,046)} \right) +$$

$$+ \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 0,0085 + (0,0085 + 0,003) \cdot 0,063}{2 \cdot 0,063^2 \cdot 0,0085^2} = 0,1357$$

Отже, коефіцієнт потоку нагнітання, визначений за формулою (4.4), дорівнює:

$$\alpha_2 = \frac{\pi^3 \cdot (T - T \cdot E) \cdot \sigma}{A + T^2 \cdot B} = \frac{3,14^3 \cdot (0,063 - 0,063 \cdot 0,007) \cdot 93,75}{486,5 + 0,063^2 \cdot 0,1357} = 33$$

Коефіцієнт протівотоку  $\beta_2$  визначається за формулою:

$$\beta_2 = \frac{\pi \cdot (I - I \cdot E)}{12 \cdot L_H \cdot (A + I^2 \cdot B)} = \frac{3,14 \cdot (0,06 - 0,06 \cdot 0,0007)}{12 \cdot 1,12 \cdot (486,5 + 0,063^2 \cdot 0,1357)} = 0,00015$$

Коефіцієнт потоку втрат  $\gamma_2$  визначається:

$$\gamma_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta^3 \cdot I^2}{10 \cdot E \cdot L_H \cdot (\pi \cdot D^2 + I^2) \cdot 0,5} = \frac{3,14 \cdot 0,063 \cdot 0,00015^3 \cdot 0,006^2}{10 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot (3,14 \cdot 0,063^2 + 0,006^2) \cdot 0,5} =$$

$$= 0,38 \cdot 10^{-13}_m^3$$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

де  $\Delta = 0,00015\text{ м}$  - величина радіального зазору,

$\mu_{ef} = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$  - коефіцієнт динамічної в'язкості, визначений по

таблицям в залежності від величини швидкості зсуву, тобто градієнта швидкості:

$$\left( \frac{DV}{DX} \right) = 3,38 \cdot \frac{V}{H} = 3,38 \cdot \frac{52,75}{0,575} = 310,$$

де  $V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,063 \cdot 160}{60} = 0,5275 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - кругова швидкість

черв'яка позовнішньому діаметру.

Отже, максимальна теоретична повна продуктивність черв'яка зі змінною глибиною сердечника, визначена за формулою (4.3), дорівнює:

$$Q = \alpha_2 \cdot N - \frac{\beta_2 + \gamma_2}{\mu_{ef}} + P = 33 \cdot 160 - \frac{0,00015 + 0,38 \cdot 10^{-7}}{35 \cdot 10^{-3}} + 75 = 290 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Повна продуктивність  $Q = 0,08 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ , отже продуктивність машини по технічному завданню виконується.

### Розрахунок потужності приводу черв'ячного екструдера

Мета: визначити потужність, що витрачається на переробку поліетилену.

Вихідні дані:

Масова продуктивність машини  $G = 0,08 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

Об'ємна витрата розплаву поліетилену  $V = 87 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

Тиск в пресі  $P_2 = 75 \cdot 10^6 \text{ МПа}$

Температура матеріалу, що завантажується  $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$

Температура стінки  $T_u = 250^\circ\text{C} = 523\text{K}$

Температура плавлення розплаву  $T_{пл} = 200^\circ\text{C} = 473\text{K}$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Діаметр сердечника черв'яка на початку зони дозування	$D_H = 0,046м$
Діаметр сердечника черв'яка в кінці зони дозування	$D_3 = 0,057м$
Глибина каналу на початку зони дозування	$H_H = 0,0085м$
Глибина каналу в кінці зони дозування	$H_3 = 0,003м$
Середнє значення глибини нарізки в зоні подачі	$H_{1cp} = 0,005м$
Довжина зони гранулювання черв'яка	$L_2 = 1,2м$

Розрахунок проведено згідно [11].

Корисна потужність, яка витрачається в черв'ячній машині на переробку матеріалу: ( літ)

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_2,$$

де  $N_1$ - потужність, яка витрачається в зоні подачі. Внаслідок її відносної малості нехтуємо нею.

$N_2 = N_2' + N_2''$  - потужність, яка витрачається в зоні плавлення.

$N_2'$  - потужність, яка витрачається на тертя та дисипацію енергії в зазорі  $\Delta$  між циліндром і поверхнею пробки твердого тіла,

$N_2''$  - потужність, яка витрачається в зазорі  $\Delta$  між циліндром і гребенем витка.

$$N_2' = \mu_{ef} \cdot \Delta W_{np}^2 \cdot \frac{T - T \cdot E}{2 \cdot \Delta O \cdot tg \varphi} \cdot L_2,$$

де  $\Delta W_{np}$  - швидкість переміщення пробки твердої фази циліндра по відношенню до стінки циліндра:

$$\Delta W_{np} = ((\pi \cdot D \cdot N - W_{np} \cdot \cos \varphi)^2 + (W_{np} \cdot \sin \varphi)^2)^{0,5} = ((3,14 \cdot 0,06 \cdot 2,66 - 0,21 \cdot 0,952846)^2 + (0,21 \cdot 0,307478)^2)^{0,5} = 0,247 \frac{м}{с},$$

$$\text{де } W_{np} = \frac{G}{\rho_H \cdot B \cdot H_{1cp}} = \frac{0,08}{800 \cdot 0,0556 \cdot 0,0085} = 0,21,$$

$$\rho_H = 800 \frac{кг}{м^3} - \text{насипна густина матеріалу,}$$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$B$  - ширина гвинтового каналу:

$$B = \frac{I - E}{I \cdot \cos \varphi} = \frac{0,06 - 0,07}{0,06 \cdot \cos(17^\circ 40')} = 0,0556 \text{ м},$$

де  $\varphi = 17^\circ 40'$  - кут підйому витка

Величина ефективної в'язкості визначається за середньою температурою

пристінного шару і середньому градієнту швидкості:

$$T_{cm} = \frac{T_u + T_{nl}}{2} = \frac{250 + 200}{2} = 225^\circ \text{C} = 498 \text{ K},$$

де  $\gamma = \frac{\Delta W_{np}}{\Delta O}$  - середній градієнт швидкості,

$$\Delta O = \frac{2 \cdot (I - E)}{\rho_H \cdot W_{np} \cdot \sin \varphi} \cdot \phi \quad \text{- товщина шару розплаву над пробкою}$$

матеріалу в міжвитковому просторі,

Параметр  $\phi$  визначається:

$$\phi = \frac{\lambda \cdot (T_u - T_{nl})}{C_T \cdot (T_{nl} - T_1) + r_{nl}} = \frac{0,17 \cdot (250 - 200)}{1,29 \cdot (200 - 20)} = 0,0366,$$

де  $\lambda = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{K}}$  - теплопровідність розплаву поліетилену,

$C_m = 1,29 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$  - питома теплоємність твердої фази поліетилену,

Величиною  $r_{nl}$  нехтуємо.

Визначаємо величину  $\Delta O$ :

$$\Delta O = \frac{2 \cdot (I - E)}{\rho_H \cdot W_{np} \cdot \sin \varphi} \cdot \phi = \frac{2 \cdot (0,06 - 0,007)}{800 \cdot 0,21 \cdot 0,303478} \cdot 0,0366 = 0,000076 \text{ м}$$

Середній градієнт швидкості:

$$\gamma = \frac{\Delta W_{np}}{\Delta O} = \frac{0,247}{0,000076} = 3246 \text{ с}^{-1}$$

Отже, потужність  $N_2'$ , яка витрачається на тертя та дисипацію енергії в зазорі  $\Delta$  між циліндром і поверхнею пробки твердого тіла, дорівнює:

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$N_2' = \mu_{ef} \cdot \Delta W_{np}^2 \cdot \frac{T - T \cdot E}{2 \cdot \Delta O \cdot tg \varphi} \cdot L_2 = 100 \cdot 0,247^2 \cdot \frac{0,06 - 0,007}{2 \cdot 0,000076 \cdot 0,318471} \cdot 1,12 = 7481 Bm$$

Визначаємо потужність  $N_2''$ , яка витрачається в зазорі  $\Delta$  між циліндром і гребенем витка:

$$N_2'' = \mu_{ef} \cdot I \cdot E \cdot L_2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N^2}{\Delta \cdot tg \varphi} = 100 \cdot 1 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 0,63^2 \cdot 2,66^2}{0,00015 \cdot 0,318471} = 4544 Bm$$

Потужність в зоні дозування витрачається на подолання тертя плавлення в каналі черв'яка і в зазорі між циліндром і гребенем витка черв'яка.

Потужність, яка втрачається в каналі черв'яка в зоні дозування:

$$N_3' = \mu_{ef} \cdot N^2 \cdot \frac{\pi^3 \cdot (T - I \cdot E) \cdot L_2 \cdot \theta_2}{T}$$

Коефіцієнт  $\theta$  визначається за формулою:

$$\theta = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4T^2}{\pi^2} + \frac{[D + D_3]^3 + [D + D_H]^3}{3(D_3 - D_H)} + \frac{2,3\pi^2 \cdot D^5}{(T^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot [H_H - H_3]} =$$

$$\frac{3,14^2 \cdot 0,063^2 - 4 \cdot 0,063^2}{3,14^2} + \frac{(0,063 + 0,057)^3 - (0,063 + 0,046)^3}{3(0,057 - 0,046)} +$$

$$\frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 0,063^5}{(0,06^2 + 3,14^2 \cdot 0,063^2) \cdot (0,0085 - 0,003)} = 0,111$$

Тоді потужність  $N_3'$ :

$$N_3' = 0,111 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 2,66^2 \cdot \frac{3,14^3 \cdot (0,06 - 1 \cdot 0,007) \cdot 1,12}{0,06} = 2406 Bm$$

Потужність, яка втрачається в зазорі на довжині зони дозування:

$$N_3'' = \mu_{ef} \cdot I \cdot E \cdot L_2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N^2}{\Delta \cdot tg \varphi} = 100 \cdot 1 \cdot 0,007 \cdot 1,12 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 0,63^2 \cdot 2,66^2}{0,00015 \cdot 0,318471} = 4544 Bm$$

Потужність, яка втрачається в каналі формувальної головки:

$$N_2 = V \cdot P_2 = 87 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 10^6 = 6525 Bm = 6,52 kBm,$$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Загальні втрати потужності в черв'ячній машині складають:

$$N_{ind} = N_2' + N_2'' + N_3' + N_3'' + N_e = 7,48 + 4,54 + 2,4 + 4,54 + 6,52 = 25,5 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна приводу машини :

$$N_H = \frac{N}{\varepsilon} = \frac{25,5}{0,7} = 36,4 \text{ кВт},$$

де  $\varepsilon = 0,4 \dots 0,8$  - коефіцієнт, який враховує втрати енергії в приводі черв'ячної машини.

Встановлено двигун потужністю  $N = 37 \text{ кВт}$ .

### Розрахунок головки

Мета: розрахунок і визначення таких розмірів головки та тиску, котрі забезпечують максимальну продуктивність.

Вихідні дані:

Довжина ділянки кільцевого каналу  $R_H = 0,019 \text{ м}$

Внутрішній радіус кільцевого каналу  $R_{\theta} = 0,015 \text{ м}$

Довжина ділянки кільцевої щілини  $L_2 = 0,015 \text{ м}$

Середній радіус круга на вході матеріалу в кільцеву щілину  $R_0 = 0,017 \text{ м}$

Середній радіус круга на виході матеріалу із кільцевої щілини  $R_1 = 0,01125 \text{ м}$

Висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину  $\Delta_1 = 0,004 \text{ м}$

Висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини  $\Delta_2 = 0,0025 \text{ м}$

Довжина ділянки конічної частини  $L_3 = 0,024 \text{ м}$

Середній радіус круга на вході матеріалу в кільцеву щілину  $R_2 = 0,01125 \text{ м}$

Середній радіус круга на виході матеріалу із кільцевої щілини  $R_3 = 0,0065 \text{ м}$

Висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину  $\Delta_3 = 0,0025 \text{ м}$

Висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини  $\Delta_4 = 0,005 \text{ м}$

Діаметр циліндричного каналу каналу  $D_4 = 0,009 \text{ м}$

Довжина циліндричного каналу  $L_4 = 0,008 \text{ м}$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Об'ємна продуктивність розплаву поліетилену  $Q_1 = 24,8 \cdot 10^{-6} \frac{м^3}{с}$

Об'ємна продуктивність розплаву  $Q_2 = 28 \cdot 10^{-6} \frac{м^3}{с}$

Розрахунок проведено згідно [11].

Розрахункову схему приведено на рисунку 4.5

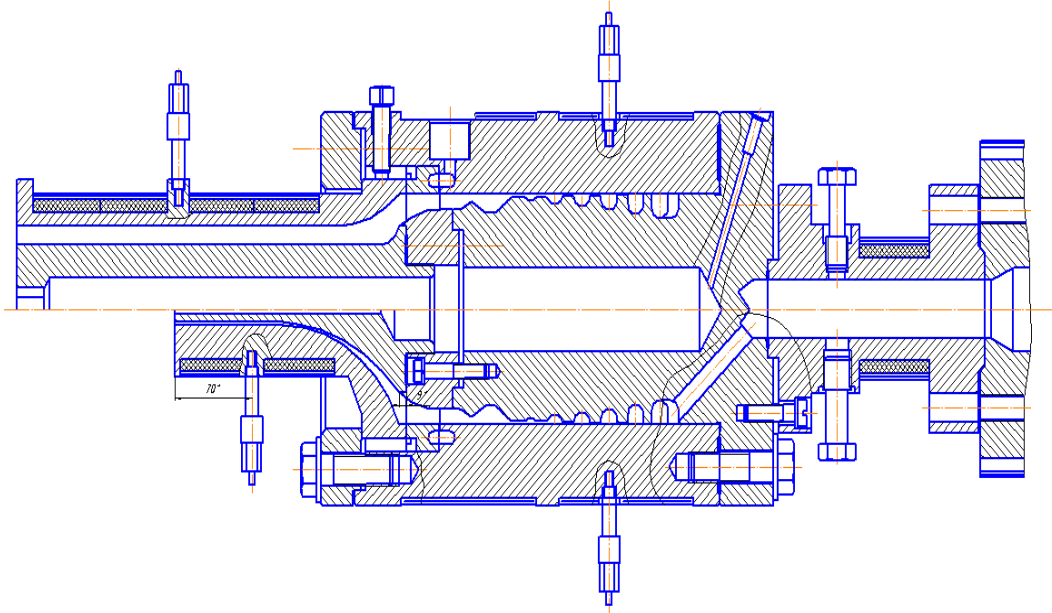


Рисунок 4.5- Головкатрубна

Профіль головки потрібно розглядати як профіль, що складається з каналів простих форм. Тоді загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна порахувати як суму опорів окремих ділянок проходу складного профілю з рівняння:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}}$$

В даному випадку матеріал проходить через головку, яку можна уявити як головку, що складається з наступних каналів: 2-х циліндричних і 2-х конічних.

Коефіцієнт геометричної форми круглого кільцевого каналу:

$$K_1 = \frac{\pi}{B \cdot L_1} \cdot (R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{2,3 \cdot \lg \frac{R_H}{R_B}}) = \frac{3,14}{0,08 \cdot 0,003} \cdot (0,019^4 - 0,015^4 - \frac{(0,019^2 - 0,015^2)^2}{2,3 \cdot \lg \frac{0,019}{0,015}}) = 0,111 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щілиною (2 ділянка):

$$K_2 = \frac{\pi \cdot (R_0 \cdot \Delta_2 - R_1 \cdot \Delta_1)}{6 \cdot L_2 \cdot M_2} = \frac{3,14 \cdot (0,017 \cdot 0,0025 - 0,01125 \cdot 0,004)}{6 \cdot 0,015 \cdot (-8,957)} = 0,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

де  $M_2$  - коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_2 = \frac{2,3 \cdot (R_0 - R_1)^2}{[R_0 \cdot \Delta_2 - R_1 \cdot \Delta_1]^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \Delta_2}{R_1 \cdot \Delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\Delta_1 - \Delta_2)}{(R_0 \cdot \Delta_2 - R_1 \cdot \Delta_1) \cdot \Delta_1 \cdot \Delta_2} - \frac{\Delta_1^2 - \Delta_2^2}{2 \cdot \Delta_1^2 \cdot \Delta_2^2} =$$

$$\frac{2,3 \cdot (1,7 - 1,125)^2}{(1,7 \cdot 0,25 - 1,125 \cdot 0,4)^2} \cdot \lg \frac{1,7 \cdot 0,25}{1,125 \cdot 0,4} - \frac{(1,7 - 1,125) \cdot (0,4 - 0,25)}{(1,7 \cdot 0,25 - 1,125 \cdot 0,4) \cdot 0,4 \cdot 0,25} -$$

$$- \frac{0,4^2 - 0,25^2}{2 \cdot 0,4^2 \cdot 0,25^2} = -8,957$$

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щілиною (3 ділянка):

$$K_3 = \frac{\pi \cdot (R_2 \cdot \Delta_4 - R_3 \cdot \Delta_3)}{6 \cdot L_3 \cdot M_3} = \frac{3,14 \cdot (0,01125 \cdot 0,005 - 0,0065 \cdot 0,0025)}{6 \cdot 0,024 \cdot 5,37} = 0,16 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

де  $M_3$  - коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_3 = \frac{2,3 \cdot (R_2 - R_3)^2}{[R_2 \cdot \Delta_4 - R_3 \cdot \Delta_3]^2} \cdot \lg \frac{R_2 \cdot \Delta_4}{R_3 \cdot \Delta_3} - \frac{(R_2 - R_3) \cdot (\Delta_4 - \Delta_3)}{(R_2 \cdot \Delta_4 - R_3 \cdot \Delta_3) \cdot \Delta_3 \cdot \Delta_4} - \frac{\Delta_3^2 - \Delta_4^2}{2 \cdot \Delta_3^2 \cdot \Delta_4^2} =$$

$$\frac{2,3 \cdot (1,125 - 0,65)^2}{(1,125 \cdot 0,5 - 0,65 \cdot 0,25)^2} \cdot \lg \frac{1,125 \cdot 0,5}{0,65 \cdot 0,25} - \frac{(1,125 - 0,65) \cdot (0,25 - 0,5)}{(1,125 \cdot 0,25 - 0,65 \cdot 0,5) \cdot 0,25 \cdot 0,5} -$$

$$- \frac{0,25^2 - 0,5^2}{2 \cdot 0,5^2 \cdot 0,25^2} = 5,37$$

Коефіцієнт геометричної форми круглого циліндричного каналу (4

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ділянка):

$$K_4 = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot L_4} = \frac{3,14 \cdot 0,009^4}{128 \cdot 0,008} = 0,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}} = \frac{1}{\frac{1}{0,111 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,9 \cdot 10^{-9}} + \frac{1}{0,16 \cdot 10^{-7}} + \frac{1}{0,2 \cdot 10^{-7}}} = 4,31 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

Визначимо тиск у головці при переробці поліетилену:

$$\Delta P = \frac{Q_1 \mu_1}{K} = \frac{28 \cdot 10^{-6} \cdot 2400}{4,31 \cdot 10^{-9}} = 15,59 \text{ МПа},$$

де  $\mu_1 = 2400 \text{ Па} \cdot \text{с}$  - динамічна в'язкість розплаву поліетилену .

Висновок: розрахунковий тиск в головці дорівнює 15,59МПа.

### Розрахунок тиску, який розвиває черв'як

Мета: визначити тиск, який розвиває черв'як.

Вихідні дані:

Встановлена потужність

$$N = 37 \text{ кВт}$$

Максимальне число обертів черв'яка

$$N_1 = 2,67 \frac{\text{об}}{\text{с}}$$

Зовнішній діаметр черв'яка  $D = 0,063 \text{ м}$

Внутрішній діаметр черв'яка  $D_g = 0,057 \text{ м}$

ККД приводу преса ЧП-63

$$\eta = 0,8$$

Розрахунок проведено згідно [11], програма розрахунку приведена в додатку Б.

Питомий тиск, який розвиває черв'як:

$$P = \frac{P_z}{F} = \frac{P_z}{\pi \cdot (R^2 - R_g^2)} = \frac{42800}{3,14 \cdot (0,0315^2 - 0,0285^2)} = 75 \text{ МПа},$$

Приймаємо розрахунковий тиск рівним  $P = 75 \text{ МПа}$  .

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність

Мета: перевірити черв'як на стійкість та міцність

Вихідні дані:

Потужність, яка споживається черв'яком  $N = 37 \text{ кВт}$ ,

Швидкість обертання черв'яка  $n = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ,

Довжина робочої частини черв'яка  $L = 1,56 \text{ м}$ ,

Допустиме напруження розтягу для Сталь 40ХН2МА  $[\sigma]_p = 200 \text{ МПа}$

Розрахунок проведено згідно [5].

На черв'як діє осьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, та зусилля, що виникає при видавлюванні перед головкою.

Крутний момент, який діє на черв'як:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 37}{160} = 2208 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для визначення розрахункової схеми перевіримо черв'як на гнучкість:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I},$$

де  $\lambda$  - гнучкість черв'яка;

$\mu = 2$  – коефіцієнт, який залежить від способу закріплення кінців валу [10].

$I$  - радіус інерції перерізу черв'яка, який визначається за формулою:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)},$$

де  $I_{\min}$  - момент інерції поперечного перерізу черв'яка, визначений за формулою:

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot (D_{\min}^4 - D_{\text{отв}}^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot (0,046^4 - 0,022^4)}{64} = 0,000000208 \text{ м}^4 = 0,208 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (D_{\min}^2 - D_{\text{отв}}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,046^2 - 0,022^2)}{4} = 0,00128 \text{ м}^2$$

За формулою (4.22) знаходимо радіус інерції:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)} = \sqrt{\left(\frac{0,208 \cdot 10^{-6}}{0,00128}\right)} = 0,0127 \text{ м}$$

Гнучкість черв'яка:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I} = \frac{2 \cdot 1,56}{0,0127} = 244$$

Критична сила:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{4 \cdot L^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 20,8}{4 \cdot 1,56^2} = 44240 \text{ Н}$$

Отже,  $P_{kr} > P$

Умова стійкості черв'яка:

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma]_y,$$

$$\text{де } \sigma_{сж} = \frac{P}{F_{\min}} = \frac{42800}{0,00128} = 33,4 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на стійкість :

$$[\sigma]_y = \varphi \cdot [\sigma]$$

де  $\varphi = 0,76$  - коефіцієнт зниження напружень,

$[\sigma]$  - основне допустиме напруження, знайдене за формулою:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_d}{n_y} = \frac{1000 \cdot 0,76}{2} = 380 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{сж} < [\sigma]_y$$

Умова стійкості виконується.

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{\max} = \frac{Q_1 \cdot L^2}{2} = \frac{Q \cdot L}{2} = \frac{38 \cdot 1,755}{2} = 66,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору перерізу черв'яка по сердечнику:

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - D_1^4)}{32 \cdot D} = \frac{3,14 \cdot (0,046^4 - 0,0022^4)}{32 \cdot 0,046} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження згину:

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{66,7}{9 \cdot 10^{-6}} = 73,7 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sigma_{\text{сж}} + \sigma_u = 73,7 + 33,4 = 107 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{екв}} < [\sigma]_p$$

$$107 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується. Черв'як з даною геометрією підходить заміцністю та стійкістю.

## Тепловий розрахунок

Мета: визначити кількість теплоти, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном  $N = 37 \text{ кВт}$

Продуктивність по поліетилену  $G_M = 100 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$

Початкова температура матеріалу  $T_n = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$

Кінцева температура матеріалу  $T_k = 180^\circ\text{C} = 453\text{K}$

Температура поверхні кожуха  $T_{\text{кож}} = 45^\circ\text{C} = 318\text{K}$

Температура повітря  $T_\theta = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$

Ширина теплообмінної поверхні  $B = 0,23 \text{ м}$

Довжина теплообмінної поверхні  $L = 1,382 \text{ м}$

ККД приводу преса  $\eta_1 = 0,6$

ККД електродвигуна.  $\eta_2 = 0,9$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Тепловий баланс преса:

$$Q_n + Q_{q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_k - T_n) + Q_{втр},$$

де  $Q_N$  - кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності і визначене:

$$Q_n = 860 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 860 \cdot 37 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 17183 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 23,4 \text{ кВт},$$

$Q_{втр}$  - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{випр},$$

де  $Q_K$  - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{кож} - T_в),$$

де  $F$  - теплообмінна поверхня преса:

$$F = B \cdot L = 0,23 \cdot 1,382 = 0,318 \text{ м}^2$$

де  $\alpha_K$  - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H}$$

де  $Nu$  - критерій Нуссельта,

$\lambda_M$  - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n,$$

де  $Gr$  - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2}$$

Розрахункова температура:

$$T_P = \frac{T_{кож} + T_в}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5^\circ \text{C} = 305,5 \text{ K}$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$$\lambda_M = 9,6 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot ^\circ \text{C}} - \text{коефіцієнт теплопровідності};$$

					ЛП61-1.103116.00-90	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\nu_M = 16,48 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{c}$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості;

$Pr = 0,3$  - критерій Прандтля

За формулою (4.40) знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{12}}{16,48^2} \cdot (45 - 20) = 35,85 \cdot 10^6$$

Добуток  $Gr \cdot Pr$ :

$$Gr \cdot Pr = (35,85 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 25,09 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою (4.39):

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,54 \cdot (25,09 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 38,22$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою (4.38):

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{H} = \frac{38,22 \cdot 0,0023}{0,23} = 14,3 \cdot 10^3 \frac{Дж}{m^2 \cdot год \cdot ^\circ C}$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище конвекцією за формулою (4.37):

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{КОЖ} - T_{\theta}) = 3,84 \cdot 0,318 \cdot (45 - 20) = 129240 \frac{Дж}{год} = 0,04 \frac{кДж}{c}$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище випромінюванням:

$$\begin{aligned} Q_{випр} &= 4,9 \cdot E \cdot F \cdot \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 4,9 \cdot 0,6 \cdot 0,318^2 \cdot \left( \left( \frac{306,5}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = \\ &= 54,3 \cdot 10^3 \frac{Дж}{год} = 0,015 кВт \end{aligned}$$

де  $E = 0,6$  - степінь чорноти матеріала кожуха,

$T_1 = 306,5^\circ C = 579,5 K$  - абсолютна температура кожуха,

$T_2 = 293^\circ C = 566 K$  - абсолютна температура оточуючого середовища,

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою (4.36):

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{випр} = (129,4 + 54,3) \cdot 10^3 = 183,7 \cdot 10^3 \frac{Дж}{год} = 0,05 кВт ,$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{q_1} = G_m \cdot C_m \cdot (T_k - T_n) + Q_{втр} - Q_n = (100 \cdot 2,3 \cdot (180 - 20) + 183,7 - 71996) \cdot 10^3 =$$

$$= 36179 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{год}} = 10 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 10 індукційних нагрівників.

					ЛП61-1.107246.00-70PP	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Технологія машинобудування**  
**до дипломного проекту**  
**на тему:**  
**«Лінія для виробництва труб з модернізацією корпусу**  
**екструдера»**

**Київ – 2020 року**

## Зміст

	Вступ. ....	
1	Технологічний процес виготовлення фланця. ....	
	1.1 Вибір заготовки і її технічно-економічне обґрунтування. ....	
2	2.1 Силовий розрахунок пристосування ....	
	2.2 Пристосування ....	
3	3.1 Опис конструкції і принцип роботи пристрою	

## ВСТУП

Метою розділу є виготовлення деталі фланець , та розробка технологічного процесу її виготовлення .

В ході виконання роботи виконуються наступні потреби:

Огляд та розроблення технологічних схем та процесів виготовлення деталі фланець, вибір необхідного остаткування та ін.

Обрана деталь належить до деталей середнього машинобудування.

Фланець слугує для забезпечення герметичності між корпусом екструдера та корпусом фільтра і розміщується у місці їх з'єднання.

Достатня пластичність матеріалу заготовки дозволяє виконувати обробку тиском . Оскільки заготовка і готова деталь мають майже однакові розміри – це свідчить про високу технологічність.

Матеріалом деталі є сталь 45 ГОСТ 1050 – 88.

Зважаючи на усі фактори можна підбити висновок : деталь “Фланець” повинна забезпечувати герметичність в умові високих навантажень.

Деталь складається із стандартних деталей відповідної точності та ступеню шорсткості поверхні , що при хороших технологічних базах дозволяє використовувати стандартне обладнання та оснастку для обробки .

					<i>ЛП61-1.107246.03-70TE</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технологічний процес виготовлення фланця

Матеріал деталі Сталь45 відноситься до ливарних сталей, отже заготовку отримуємо литтям. Деталь має ступінчасту і фігурну форми, тому з урахуванням середньосерійного типу виробництва заготовка з прокату неекономічна через підвищене витрачання металу у стружку.

## 1.1 Вибір заготовки і її технічно-економічне обґрунтування

Заготовку отримуємо з круглого горечо-катаного прокату, пруток діаметром 230 мм, звичайної точності прокату. (Максимально допустимі відхилення  $+0.8 \dots - 2\text{мм.}$  ) ГОСТ 2590-2006

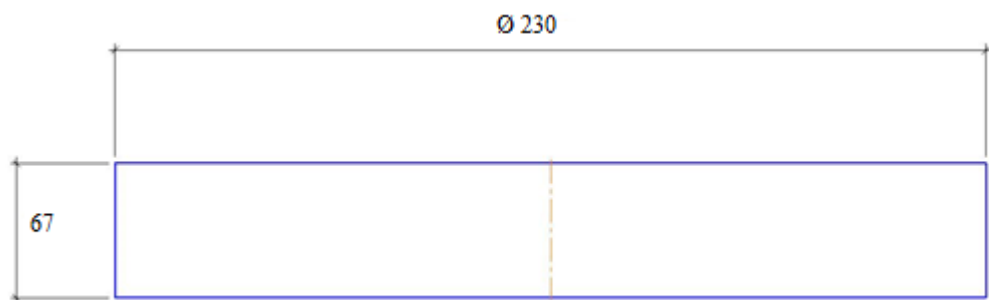


Рисунок 7.2.1 – Заготовка фланця

Круг сталевий - вид сталевих прокатів, що використовуються як заготовка для виготовлення труб, а також в машинобудуванні для виготовлення різних деталей машин.

Стандарт розповсюджується на сталевий гарячекатаний прокат круглого перерізу діаметром від 5 до 270 мм включно. Прокат діаметром більш ніж 270 мм виготовляється за попередньою домовленістю.

За міцністю прокат ділиться:

- А - високої точності;
- Б – підвищеної точності;
- В – звичайної точності

					ЛП61-1.107246.03-70TE	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Силовий розрахунок пристосування

При свердлінні з боку інструмента виникає осьова сила, що сприймається корпусом і крутний момент, що намагається повернути деталь у пристосуванні. Цьому протидіють моменти тертя  $M_1$  і  $M_2$ , показані на малюнку

Момент різання при свердлінні  $\varnothing 18$  в середньовуглецевій сталі:

$$M_{св} = 16,3 d^{0,85} s_o^{0,95} = 16,3 \cdot 12^{0,85} \cdot 0,25^{0,95} = 42,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила різання складає

$$P_o = 414 \text{ Н.}$$

Момент тертя складає:

$$M_{тр} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2},$$

Де  $Q$  - осьова сила,

$f$  - коефіцієнт тертя,

$D, d$  - більший і менший діаметри кільця.

Сила затиску  $Q$ :

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} P = \frac{\pi 0,1^2}{4} 0,4 \cdot 10^6 = 3140 \text{ Н}$$

де  $P$  – тиск повітря в мережі 0,4 МПа.

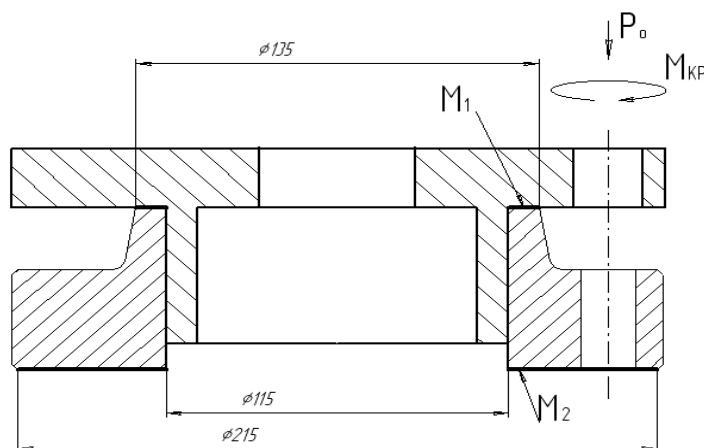


Рисунок 3-Схема закріплення деталі.

Момент тертя:

					ЛП61-1.107246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4



$$M_{тр} = M_1 + M_2.$$

$$M_{mp1} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot D = \frac{1}{3} \cdot 3140 \cdot 0.25 \cdot \frac{0.135^3 - 0.115^3}{0.135^2 - 0.115^2} = 48.7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{mp2} = \frac{1}{3} \cdot (Q + P_o) \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} \cdot (3140 + 414) \cdot 0.25 \cdot \frac{0.215^3 - 0.115^3}{0.215^2 - 0.115^2} = 74.8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{тр} = 47,7 + 74,8 = 122,5 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{св} = 42,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова закріплення виконується.

### 3 Пристосування

#### Опис конструкції і принцип роботи пристрою

Пристрій для сверління отворів [ЛП91.117244.005 СБ] працює таким чином. У вихідному стані на станину 1, розміщується заготовка. Централізується по внутрішньому отвору заготовки. Встановлюється притисна плита 4 та закріплюється чотирма тягами 9. Через канал подається повітря у пневмокамеру. Тиск у пневмокамері давить на діафрагму 3, яка передає тиск на пружину 5 та пускає нажимну шайбу 2. Вона тягне за собою тяги 9 та закріплює заготовку у кондукторі.

Після обробки отворів стиснене повітря витягують з пневмокамери, діафрагма 3 повертається в початкове положення, пружина 5 давить на нажимну шайбу 2, яка повертається в початкове положення, тим самим підіймаючи за собою тяги 9 і вивільняють деталь з кондуктора остаточно. Знімають деталь. Цикл закінчено.

					ЛП61-1.107246.03-70TE	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. — Л.: Машиностроение, 1975. - 656 с.
2. К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А.Г. Степанов. Справочник по охране труда на промышленных предприятиях — К.: Техніка, 1991.
3. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник. — М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.
4. Кошарський Б.Д. Автоматичні прилади, регулятори і обчислювальні системи. — М.: Машиностроение, 1967
5. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії. — К.: Київ, 1999.-219с.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по розділу „Автоматизація промислових процесів” для студентів факультету хімічного машинобудування. Укл. Булгаков Б.Б., Семикіна А.Ф.—К.: КПІ, 1987
7. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей. Укл. А.Е. Розенплентер, Т.В.Панішева—К.: КПІ.-28с.
8. Основы охраны труда. В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. —Львів: Афіша, 1999.
9. Щербина В.Ю., Дегодя Т. В., Новохатська Ю.М. "Підвищення ресурсу роботи бандажів обертових печей". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2016. N 1. С. 110-116 DOI: [10.20535/2306-1626.1.2016.77978](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77978)
- 10.Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с., ил.
- 11.Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Єфименко Є.А.. "Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату". *Вісник НТУУ "КПІ імені*

*Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.*

2018. N 1. С. 65-72. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143382](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382)

12. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972.—268 с.

13. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин. — М.: Машиностроение, 1967.—364 с.

14.Панов Є.М., Боженко М. Ф., Даниленко С. В., Навоженко Н. П. "Температурно-теплові показники газополуменового обпалення алюмінієвих електролізерів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2016. N 1. С. 40-45. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2016.77903](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77903)

15.Патент RU5010279/26, 1991 рік, кл. B29C47/38 Червячний екструдер / Герд Капелле Гюнтер Майер Токарев Ю.А.

16. Патент RU97117284/25, 1997 рік, кл. B29C47/38, B29C47/66 Червячний екструдер /Остриков А.Н., Абрамов О.В

17.Конструкторська документація курсових і дипломних проєктів. В.М. Мрчевський —.: Норіта-плюс, 2006.—279 с

18.Патент UA87091МПК В29С 47/36 Червячний екструдер для переробки полімерів/ Кузяєв І.М. , Данилін Д.С.

19.Патент SU927531 МПК В29F 3/01 В29F 3/08 Червячний прес для переробки пластичних мас/ Оситинський Б.Л.

20. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І. І., Куриленко В.М. "Перспективи створення й використання інтелектуальних виробів із наномодифікованих полімерних композитів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2017. N 1. С. 7-14. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119417](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119417).

21.Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Модельовання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2019. N 1. С. 119-126. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171203](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171203).

# ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А**  
**Таблиця розглянутих патентів**

<b>№</b>	<b>Предмет пошуку</b>	<b>№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор</b>	<b>Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення</b>
1	Екструдер черв'ячний	Російська федерація Авторське свідоцтво № 2007117929/12, кл. B29C 47/38 2006 рік Макдональд Джеффрі Д.	Засоби досягнення ефекта: розширення можливостей і підвищення надійності досягається за рахунок виконання автономного регулювання температури, виконання отворів у корпусі зони дегазації, та відвід газів.
2	Екструдер черв'ячний	Російська федерація Авторське свідоцтво № 2003136886/12, кл. B29C 47/02, 47/08, 47/22 2003 рік Бухарев Е.Ю. Рижов Н.Н.	Модернізація головки, шляхом можливості фіксованого руху дорна, та подальша фіксація.
3	Екструдер черв'ячний	Російська федерація Авторське свідоцтво № 5010279/26, 1991 рік, кл. B29C47/38 Герд Капелле Гюнтер Майер Токарев Ю.А.	Модернізація робочого каналу, шляхом утворення пазів та виступів на гільзі екструдера.
4	Екструдер черв'ячний	Російська федерація	Безпосередня установка екструзійної головки на екструдер, модернізація профілю черв'яка

		Авторське свідоцтво № 2000125339/12, 2000 рік, кл. B29C47/38, B29C47/00 Еруков Н.В. Шмидт Джозеф Львович	
5	Екструдер черв'ячний	Російська федерація Авторське свідоцтво № 97117284/25, 1997 рік, кл. B29C47/38, B29C47/66 Остриков А.Н., Абрамов О.В.	Зміна профілю корпусу позонно, модернізація профілю черв'яка.
6	Червячний екструдер для переробки полімерів	Патент UA87091МПК B29C 47/36	Черв'ячний екструдер для переробки полімерів, що містить завантажувальний бункер, обертовий черв'як, що встановлений у нерухомий корпус, який відрізняється тим, що в корпусі в зоні живлення виконані радіальні отвори, куди вставлені ступінчасті штифти з можливістю радіального переміщення, а на зовнішній поверхні змонтована втулка з конусною внутрішньою поверхнею, на гребенях черв'яка виконані пази в коловому напрямку під радіальними отворами
7	Червячний прес для переробки пластмасс	SU №927531 1982р МПК В 29 F 3/01 В 29 F 3/01 Автор: Б.Л.Оситинський	Вдосконалення корпусу червячного преса з метою покращення якості вихідного матеріалу
8	Червячний екструдер	SU №1595666 A1 1985р	Вдосконалення корпусу екструдера , шляхом розробки на внутрішній стороні повздовжніх рівців , з метою забезпечення кращої

		МПК В 29 С 47/38 Автори: Оситинський Б.Л. Некрасов І.В.	гомогенізації розплаву.
<b>9</b>	Червячний прес для переробки пластичних мас	SU №611785 МПК В 29 F 3/01 В 29 F 3/08 Автори: Оситинський Б.Л.	Створення обвідних каналів у корпусі червячного пресу , що підвищує температурний баланс розплаву та надає більшої якості вихідному матеріалу.
<b>10</b>	Червячний екструдер для переробки полімерів	UA №87091 2009р МПК В29С 47/36 Автори: Кузяєв І.М. Данилін Д.С.	Черв'ячний екструдер для переробки полімерів, що містить завантажувальний бункер, обертовий черв'як, що встановлений у нерухомий корпус, який відрізняється тим, що в корпусі в зоні живлення виконані радіальні отвори, куди вставлені ступінчасті штифти з можливістю радіального переміщення, а на зовнішній поверхні змонтована втулка з конусною внутрішньою поверхнею, на гребенях черв'яка виконані пази в коловому напрямку під радіальними отворами

# **ДОДАТОК Б**

## **СПЕЦИФІКАЦІЇ**



[illegible]

<i>Затв.</i>	<i>Гондляр О.В.</i>			<i>з модернізацією корпусу</i>	<i>І. Сікорського"</i>
--------------	---------------------	--	--	------------------------------------	------------------------

Форма л	Зона	Позиція	Позначення			Найменування			Кіль- кість	Примітка
						<u>Документація</u>				
A2 x4			ЛП61-1.107243.001-70			Вигляд загальний				
						<u>Складальні одиниці</u>				
		1	ЛП91.117243.001.001-70			Рама			1	
		2	ЛП91.117243.001.002-70			Кожух корпусу			1	
		3	ЛП91.107243.001.003-70			Бункер			1	
		4	ЛП91.117244.001.005-70			Загрузочная воронка			1	
		5	ЛП91.117242.003.006-70			Корпус			1	
		6	ЛП91.117244.001.007-70			Плита опорна			1	
						<u>Деталі</u>				
		7				Плита несуча			1	
		8				Черв'як			1	
						<u>Стандартні вироби</u>				
		9				Болт фундаментный М30х400			6	
		10				Болт М6х16 ГОСТ 7798-70			8	
		11				Болт М10х25 ГОСТ 7798-70			10	
		12				Болт М16х6dх90 ГОСТ 7798-70			6	
		13				Болт М16х40 ГОСТ 7798-70			6	
		14				Болт М20х70 ГОСТ 7798-70			6	
						ЛП61-1.107243.003-70СП				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Панечко М.С.			Корпус	Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перев.		Гондляр О.В.					1	1		

Н.Конт.			
Затв.	Гондлях О.В.		

КПІ ім.  
Ігоря Сікорського

Позиція	Позначення				Найменування	Кількість	Примітка		
15					Болт М24 70 ГОСТ 7798-70 4	4			
16					Гайка М16.6.06	6			
17					Гайка М20.6.06	6			
18					Гайка М30.6.06	6			
19					Винт М4-8g 10 ГОСТ 1791-80	6			
20					Шайба 6.65Г.05	8			
21					Шайба 16.65Г.05	6			
22					Шайба 20.65Г.05	14			
23					Шайба 24.65Г.05	4			
24					Шайба 30.65Г.05	6			
					<u>Інші вироби</u>				
25					Редуктор	1			
26					Двигун	1			
27					Клинопасова передача	1			
28					Вентилятор	5			
29					Нагрівач	5			
30					Розвід проводів	1			
</									

Форма	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка		
				<u>Документація</u>				
A4			ЛП61-1.107243.001-70	Пояснювальна записка				
				<u>Креслення</u>				
			ЛП61-1.107243.001-70ВО	Екструдер трубної лінії з модернізацією корпусу	1			
			ЛП61-1.107244.002-70СТ	Лінія трубна ЛТ63/32-20-110	1			
			ЛП61-1.107242.003-70СБ	Корпус	1			
			ЛП61-1.107241.004-70	Червяк	1			
			ЛП61-1.107242.005-70СБ	Кондуктор для розсвердлювання отворів	1			
					1			
				<u>Специфікації</u>				
					1			
			ЛП61-1.107243.001-70	Екструдер трубної лінії з модернізацією корпусу	1			
			ЛП61-1.107242.003-70	Корпус				
			ЛП61-1.107244.005-70	Кондуктор для розсвердлювання отворів				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ЛП61-1.107243.004-70СП			
Розроб.		Панечко М.С.			Кондуктор	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Гондляр О.В.					1	1
Н.Конт.						КПІ ім.		
Затв.		Гондляр О.В.				Ігоря Сікорського" , гр. ЛП61-1		

## ДОДАТОК В

### Способи покращення корпусу черв'ячного екструдера

Панечко М.С., студ.; Чемерис А.О., доц., к.т.н.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропонований варіант вдосконалення корпусу екструдера , зменшення габаритів , та покращення гомогенізації матеріалу, що підвищить ефективність черв'ячного екструдера та збільшить якість виробів.

Найпоширенішими механізмами для екструдування є черв'ячні або шнекові екструдери , вони набули широкого розповсюдження завдяки своїй технологічності, простоті в експлуатації, та широким можливостям. Їх застосовують у багатьох сферах виробництва та промисловості: харчовій, текстильній, машинобудівній тощо.

Але окрім суттєвих переваг, черв'ячні екструдери та преси, що використовуються для виготовлення виробів із композиційних матеріалів, пластмас та інших полімерів мають ряд недоліків [1]. Вони мають великі габарити, їх довжина в промислових масштабах вимагає великого обсягу матеріалу для їх виготовлення, вони потребують дорогих та матеріалоемних деталей для ремонту, займають багато виробничого місця. До того ж, базові конструкції черв'ячних екструдерів, не зважаючи на їх простоту, здебільшого не задовольняють виробника якістю вихідних виробів.

Мета даної роботи – покращити якісь продуктів, що виготовляються за допомогою черв'ячних пресів, зменшити габарити машини та підвищити технологічність шляхом вдосконалення корпусу екструдера .

Серед розглянутих патентів було обрано використання послідовних систем обвідних каналів [4], з одночасними індивідуальними підігрівачами розташованими між ними та запірних пристроїв (рис.1). Сутність винаходу полягає у тому , що за допомоги запірних пристроїв розплав проходить у зворотньому напрямку екструдування , додатково гомогенізуючись, допоки диски (рис.2) не дозволять матеріалу пройти далі досягаючи збільшенню якості . Це конструктивне рішення дозволяє значно зменшити габарити усієї машини , підвищити технологічність , значно покращити якість вихідного продукту та нормалізувати температурний баланс .

Отже , вибір вдосконалень корпусу екструдера є важливим фактором , оскільки впливає на технологічність червячної машини , дозволяє покращити якість виробів та зменшити габарити механізму .

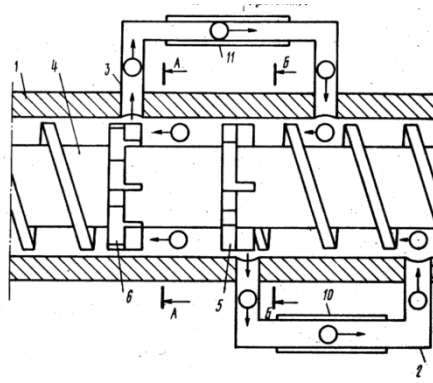


Рис.1 Удосконалений корпус екструдера

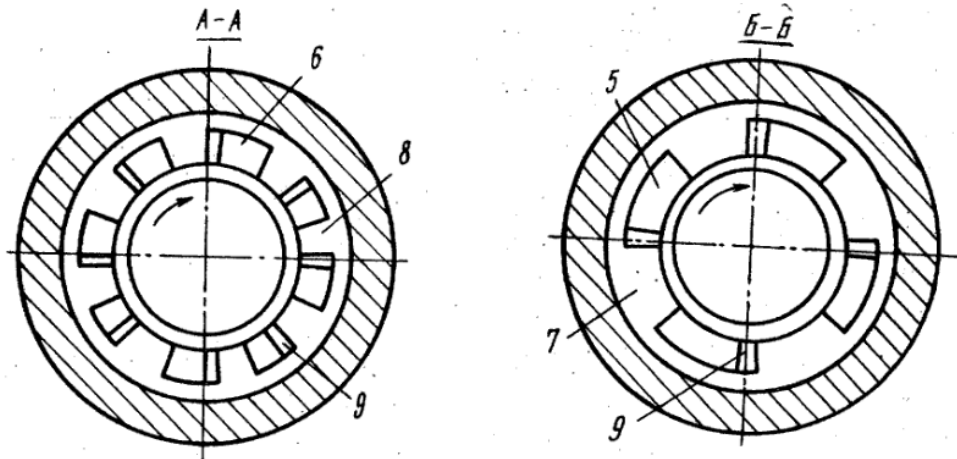


Рис.2 – Запірні диски

### Література

- 1.Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - М.: Химия, 1986. - С.196.
- 2.Патент 1595666 СССР, МПК В 29 С 47/38, 47/68. Червячный экструдер /Оситинський Б.Л., Некрасов И.В. . - 4 с.
- 3.Патент 611785 СССР, МПК В29F 3/01, 1962 р. Червячный прес для переробки пластмасс / Оситинський Б.Л. - 2 с.
- 4.Патент 927531 СССР, МПК В29F 3/01 , В29F 3/08, 1982 р. Червячный прес для переробки пластамсс / Оситинський Б.Л. - 2 с.